

Hur tidpunkten för och samordningen av föryngringsåtgärder påverkar föryngringsresultatet och konkurrenstrycket i plantskogen

*How the timing and coordination of regeneration measures affect the
regeneration result and the competitive pressure in the plant forest*



Foto: Sanna Nilsson

Sanna Nilsson



Examensarbeten

Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2018:12

Hur tidpunkten för och samordningen av föryngringsåtgärder påverkar föryngringsresultatet och konkurrenstrycket i plantskogen

*How the timing and coordination of regeneration measures affect the
regeneration result and the competitive pressure in the plant forest*

Sanna Nilsson

Nyckelord / Keywords:

Björk, gran, kalmarkstid, konkurrensindex, markberedning, plantering, planteringsmånad, tall /
Birch, competition index, fallow period, pine, planting, planting month, scarification, spruce

ISSN 1654-1898

Umeå 2018

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*

Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forest Sciences*

Jägmästarprogrammet / *Master of Science in Forestry*

Examensarbete i skogshushållning / *Master degree thesis in Forest management*

EX0770, 30 hp, avancerad nivå A2E / *advanced level A2E*

Handledare / *Supervisor*: Göran Hallsby

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

Extern handledare / *External supervisor*: Olov Norgren, Holmen Skog

Examinator / *Examiner*: Anders Karlsson

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledaren, och godkänts av examinator. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

This report presents an MSc/BSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

Förord

Detta examensarbete omfattar 30 högskolepoäng på avancerad nivå och har skrivits som en del i Jägmästarprogrammet, på uppdrag av Holmen Skog.

Jag vill tacka min handledare Göran Hallsby för värdefull feedback under arbetet och Hilda Edlund för hjälp med valet av statistiska metoder. Tack riktas även till alla på Holmen Skog som på något sätt underlättat fältarbetet och ett speciellt tack till min kontaktperson Olov Norgren, för svar på frågor kring avdelningsregistret.

Sanna Nilsson
Umeå 2018

SAMMANFATTNING

Enligt Skogsvårdslagen skall åtgärder för etablering av nästkommande bestånd senast vara vidtagna under det tredje året efter avverkning och lagen begränsar sålunda den längst tillåtna kalmarkstiden. Kalmarkstidens längd är känd att påverka faktorer av betydelse för föryngringsresultatet, men kan även tänkas påverka det konkurrenstryck planterade plantor senare utsätts för från naturligt föryngrade plantor. I denna studie undersöks hur beslut som tas i samband med kalmarkstiden påverkar andelen lyckade föryngringar i norra och södra Sverige, samt om och hur dessa beslut i kombination med en rad ståndortsfaktorer och åtgärdsval, påverkar det konkurrenstryck som planterade plantor utsätts för i plantskogen.

Andelen lyckade föryngringar i relation till Holmen Skogs mål, respektive Skogsvårdslagens krav undersöktes visuellt med hjälp av beskrivande statistik av uppgifter från Holmen Skogs avdelningsregister. För att undersöka konkurrenstrycket kompletterades registeruppgifterna med uppgifter från inventeringar hösten 2017 i avdelningar planterade år 2012 i Holmen Skogs distrikt Umeå. Från det kombinerade datamaterialet beräknades två konkurrensindex, KI50 och KI100. För respektive konkurrensindex skapades genom multipel linjär regression en regressionsmodell som beskrev variationen i konkurrenstrycket.

Föryngringar i norra och södra Sverige påverkades på ett liknande sätt av besluten i samband med kalmarkstiden och andelen lyckade föryngringar minskade med ökande antal vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering, samt senare planteringsmånad. Trenden var tydlig i region Syd men något ojämn i region Nord. Även konkurrenstrycket i plantskogen påverkades av besluten i samband med kalmarkstiden och planteringsmånaden var av statistiskt signifikant betydelse för KI100, där det uppmätta konkurrenstrycket ökade med en senare planteringsmånad. Ingen kalmarsrelaterad variabel fick någon tydlig inverkan på KI50. Både vid analysen av föryngringsresultatet och konkurrenstrycket i plantskogen framkom att avdelningar som upplevt fler vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering även tenderade vara planterade senare på säsongen. Det gör att viss samverkan kan finnas mellan de två variablerna. Kalmarkstidens betydelse kopplades till inväxten av vegetation och naturlig föryngring, samt risker förknippade med plantering i olika månader. Utöver planteringsmånaden påverkades konkurrenstrycket även av andra val och ståndortsfaktorer. Konkurrenstrycket var högre i granföryngringar och ökade med ökande ståndortsindex, markfuktighetsklass och andel naturligt föryngrade plantor bland de registrerade huvudstammarna. Det förklarades av skillnader i initial tillväxt, samt betydelsen av etableringsförhållandena för naturlig föryngring och tidigare skador som drabbat avdelningen.

Inom ramen för Holmen Skogs skötselrutiner såg en tidig planteringsmånad och få vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering ut att vara gynnsamt för andelen lyckade föryngringar och det konkurrenstryck som utvecklas. En anpassning av planteringsmånaden efter de lokala ståndortsförhållandena skulle potentiellt kunna öka andelen lyckade föryngringar sett över hela säsongen, men ytterligare studier behövs. I avdelningar med risk för ett högt konkurrenstryck kan tidigare rökning bli aktuell och plantering av större plantor skulle potentiellt kunna minska konkurrenstrycket. Då ett högt konkurrenstryck inte nödvändigtvis betyder att konkurrensen begränsar plantorna bör ytterligare studier med upprepade konkurrensmätningar göras för att undersöka hur plantor i avdelningar med varierande ståndortsförhållanden påverkas av olika konkurrensintensitet.

Nyckelord: Björk, gran, kalmarkstid, konkurrensindex, markberedning, plantering, planteringsmånad, tall

ABSTRACT

According to the Swedish Forestry Legislation measures to procure the establishment of the next stand must be made at the latest during the third year after final felling, limiting the longest fallow period allowed. The fallow period is known to affect factors of importance for the regeneration result, but could also be of importance to the competitive pressure from naturally regenerated plants. This study investigates how decisions associated to the fallow period affect the proportion of successful regenerations in northern and southern Sweden and also, if and how these decisions and a variety of silvicultural choices and site conditions, affect the competitive pressure experienced by planted seedlings in the plant forest.

The proportion of successful regenerations in relation to Holmen's goals and the Forestry Law was examined visually with descriptive statistics using information from Holmen Skog's department register. The competitive pressure was examined by combining the department register information with information inventoried during the fall of 2017, in departments planted 2012 in Holmen Skog district Umeå. From the combined data material two competition indexes were calculated, KI50 and KI100. For each competition index respectively, a regression model explaining the variation in competitive pressure was built by multiple linear modeling.

Regenerations in northern and southern Sweden were similarly affected by decisions associated to the fallow period and the proportion of successful regenerations decreased with an increasing number of vegetation months between scarification and planting and a later planting month. The trend was clear in region Syd and somewhat uneven in region Nord. Decisions associated to the fallow period also affected the competitive pressure and a later planting month increased the competitive pressure in KI100. No fallow period related variable was of any significant importance to KI50. Both the analysis of the regeneration result and the competitive pressure on planted seedlings found that departments that had experienced a greater number of vegetation months between scarification and planting tended to have been planted later in the season. Some interaction between the variables may therefore have been present. The importance of the fallow period was linked to the establishment of vegetation and natural regeneration and also risks associated to planting in varying months. The competitive pressure was in addition to the planting month, also affected by other choices and site conditions. The competitive pressure was higher in spruce regenerations and increased with increasing site index, soil moisture class and proportion of naturally regenerated stems among the main stems. This was explained by differences in initial growth, the importance of the conditions for natural regeneration and that of earlier damages to the department.

Within the management routines of Holmen Skog an early planting month and few vegetation months between scarification and planting seem beneficial for both the proportion of successful regenerations and the competitive pressure five years after planting. Adapting the planting month after local site conditions could possibly increase the proportion of successful regenerations, but further studies are needed. In departments with risk for high competitive pressure an earlier pre-commercial thinning may be relevant and planting bigger seedlings could possibly decrease the competitive pressure. Since a high competitive pressure does not necessarily mean that the competition are limiting the seedlings, further studies should be carried out with repeated measurements, in order to examine how seedlings in departments with varying site characteristics are affected by a certain competitive pressure.

Key words: Birch, competition index, fallow period, pine, planting, planting month, scarification, spruce

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	2
ABSTRACT	3
INLEDNING	5
Bakgrund	5
Syfte	7
MATERIAL OCH METOD.....	9
Holmen skogs avdelningsregister.....	9
Föryngringarna	10
Avgränsningar	10
Datamaterial	11
Beräkningar och analys	11
Plantskogen	13
Avgränsningar	13
Fältbesökta avdelningar.....	13
Inventering	15
Beräkningar och analys	17
RESULTAT	20
Föryngringarna	20
Plantskogen	24
DISKUSSION	26
Föryngringarna	26
Plantskogen	28
Sammantagen betydelse	31
Styrkor och svårigheter	31
Ytterligare studier.....	32
Slutsatser och praktisk tillämpning	33
REFERENSER.....	34
Icke publicerat material	37
BILAGOR	38
Bilaga 1. Uppgifter från Holmen Skogs avdelningsregister	38
Bilaga 2. Engelsk version av Tabell 1 och 6/ <i>English version of Table 1 and 6</i>	39
Bilaga 3. Tillvägagångssätt vid modellbyggnad	40

INLEDNING

Det kommersiella brukandet av skogsresursen har haft stor betydelse för Sveriges utveckling och ekonomin (Söderlund, 1952). Under lång tid var brukandet främst småskaligt, men den råvarubrist som under industrialiseringen uppstod i Västeuropa, triggade Sveriges export av virke. Under 1800-talet förflyttades den så kallade ”timmerlinjen” norrut genom Sverige, mot de stora arealer outnyttjad timmerskog som fanns i Norrland. Det var grovt timmer som efterfrågades och avverkningarna utfördes som dimensionsavverkningar, där de grövsta stammarna högs. Vartefter de grövsta träden avverkades sänktes dimensionskraven och skogen genomhögs i omgångar, där allt klenare dimensioner togs ut (Ekelund, 2001). Denna successiva utglesning skapade under 1800-talets senare hälft en debatt, om huruvida de kvarvarande träden lyckades tillvarata växtplatsens resurser (Enander, 2007). En del regionala lagar antogs under denna period, men det var först år 1903 beslut om en skogsvårdslag togs i riksdagen (Enander, 2007). Denna lag innebar skyldighet att vid och efter avverkning, vidta nödvändiga åtgärder för att säkra återväxten och trygga tillvaratagandet av växtplatsens resurser. Den antagna lagen omfattade dock inte hela landets skogar. Under 1900-talet justerades Skogsvårdslagen vid ett flertal tillfällen och omfattar nu hela landet, samt fler skyldigheter än 1903 års lag (Enander, 2007). När återväxten skall tryggas efter avverkning finns numera lagkrav avseende en minimigräns för antal plantor och maximigräns för andelen luckor, som tillåts vid sista tidpunkten för hjälpplantering. Utöver det finns även en tidsgräns för när den återväxttryggande åtgärden senast skall vara vidtagen, nämligen under det tredje året efter att skyldigheten uppkom (Skogsstyrelsen, 2017). Lagen reglerar sålunda den idag längst tillåtna kalmarkstiden¹.

Bakgrund

Kalmarkstidens inverkan på en rad faktorer av betydelse för föryngringsresultatet har undersökts och fördelar finns med såväl längre, som kortare kalmarkstid. En längre kalmarkstid kan minska både arbetsåtgången vid strecksådd (Tirén, 1940) och mängden plantor som dör av snytbaggeangrepp (Örlander & Nilsson, 1999; Von Sydow, 1997). En förlängning av kalmarkstiden innebär dock – givet ”allt annat lika” – att även den totala omloppstiden förlängs, vilket då sänker kalmarksvärdet (Straka & Hotvedt, 1985). En längre kalmarktid ökar normalt även förekomsten av hyggesvegetation vid etableringstillfället och på marker där gräs dominerar markvegetationen, kan en ökad kalmarkstid påverka nyplanterade plantors överlevnad (Nilsson & Örlander, 1995) och etablerade plantors tillväxt (Nilsson & Örlander, 1999; Örlander *et al.*, 1996; Sands & Nambiar, 1984) negativt. Hur allvarlig effekt kalmarkstiden får påverkas i sin tur av en rad andra beslut som tas i samband med föryngring, såsom val av trädslag, plantstorlek (Nilsson & Örlander, 1999), markberedningstyp, samt när markberedning (Lundmark, 1988) respektive plantering utförs (Nilsson & Örlander, 1995).

Grunden i föryngringsarbetet läggs redan vid den sista gallringen. Vilka träd som där lämnas påverkar valfriheten gällande avverkningsform och föryngringsåtgärder, samt förutsättningarna för naturlig föryngring såväl vegetativt som från frö (Karlsson *et al.*, 2017). Att avveckla ett bestånd innebär - beroende av vald avverkningsform - en mer eller mindre

¹ Här menas med kalmarkstid tiden som förflutit mellan avverkning och plantering eller motsvarande föryngringsåtgärd. Vidare i arbetet refererar ”kalmarktidens betydelse” till betydelsen av någon variabel med anknytning till kalmarkstiden, såsom kalmarktidens fördelning mellan åtgärderna avverkning, markberedning och plantering, samt tidpunkten för åtgärderna.

drastisk förändring av tillväxtförutsättningarna (Jerabkova *et al.*, 2011). Konkurrenten om växtplatsens tillgängliga vatten, ljus och näringsämnen minskas, vilket öppnar för växter med högre krav på någon, eller flera av dessa faktorer. Hur snabbt etableringen av konkurrenter sker och i vilken omfattning varierar mellan olika ståndorter (Söderström, 1979).

En vanlig åtgärd inom skogsbruket som syftar till att minska konkurrenten på hygget och förbättra etableringsförhållandena, är markberedning. Harvning, högläggning med draget aggregat² och högläggning med grävmaskin³ är tre vanliga markberedningsmetoder. Dessa används i regel på olika marktyper och resulterar i olika drastisk markpåverkan (Örlander, 1989). Gemensamt när dessa utförs inför plantering är att de ofta syftar skapa en omvänd torva där det – optimalt sett – återfinns mineraljord. Detta ger en upphöjd och väl-dränerad planteringspunkt, med ökad marktemperatur och mineralisering (Lundmark, 1988). För djupplanterade plantor vars rötter når genom humusen och ner till mineraljorden, innebär punkten en god balans mellan syre och vatten i plantans rotzon (Örlander, 1991). Finns mineraljord på torvan minskas även risken att plantan angrips av snytbagge (Luoranen *et al.*, 2017; Björklund *et al.*, 2003). Utöver denna goda punkt för plantering skapas vid markberedning även en rad andra punkter, med varierande egenskaper (Örlander, 1989). En del av dessa punkter kan gynna groningen av frön och markberedning har visats öka förekomsten av naturlig föryngring (Karlsson *et al.*, 2002; Fries, 1984).

Planteringsarbetet kan påverka föryngringsresultatet på flera sätt. Hur plantorna sköts innan plantering påverkar deras vitalitet och motståndskraft mot torka (Helenius *et al.*, 2002). Även välskötta plantor är dock känsliga för torka och kan till följd av sin dåliga rot-jordkontakt drabbas av både mark- och lufttorka (Örlander, 1989). Vid marktorka torkar plantor på grund av otillräcklig tillgång på vatten i marken, medan lufttorka sker till följd av hög transpiration och kan ske trots god vattentillgång i marken (Nilsson & Örlander, 1995; Örlander, 1986). Plantornas transpiration drivs av markens och luftens fuktighet (Örlander, 1989) och en hög lufttemperatur kombinerat med låg luftfuktighet resulterar i hög transpiration. Även hård vind kan minska luftfuktigheten runt plantans barr och bidrar då ytterligare till torkstressen (Örlander, 1989). Vald planteringsmånad kan påverka risken för lufttorka (Nilsson & Örlander, 1995) och valet av planteringspunkt påverkar plantors överlevnad och tillväxt (Örlander, 1991).

Den sammantagna effekten av åtgärdsvalen inför och i samband med föryngringen, kombinerat med de rådande förhållandena på ståndorten avseende sådant som väderlek, förekomsten av frökällor och markfuktighet, kan påverka vilken konkurrentensituation som utvecklas i plantskogen. Väderleken är av betydelse för såväl fröproduktionen, som frögroningen och överlevnaden av groddplantor, mängden tillgängliga frökällor i avdelningen och dess närhet påverkar förekomsten av frö (Ackzell, 1994) och markfuktigheten får i sin tur betydelse för både frögroningen och groddplantornas överlevnad (Fries, 1984). Olika trädslags relativa tillväxthastighet och förekomsten av skadegörare, samt dessas trädslagspreferens, är andra faktorer som påverkar planterade plantors höjd relativt sina konkurrenter. De relativa höjdskillnader som uppstår redan tidigt i föryngringens utveckling, har visats vara av betydelse för senare klassificering av stammar som dominerande, meddominerande eller undertryckta, 16 (Nilsson & Albrektson, 1994) respektive 32-37 (Jäghagen & Albrektson, 1996) år efter plantering. Konkurrenten mellan stammarna påverkar de undertryckta stammarna mest (Nilsson & Albrektson, 1994) och de löper större risk att avlägsnas vid röjning. Ett visst mått av konkurrent har dock visats kunna påverka

²Kommer i arbetet benämnas ”högläggning”

³Kommer i arbetet benämnas ”grävhö”

utvecklingen av beståndets timmerkvalitet positivt (Valkonen & Ruuska, 2003; Jäghagen & Albrektson, 1996; Persson, 1976), något som dock ökar känslighet för avvikelser från optimal åtgärdstidpunkt (Fahlvik, 2005; Valkonen & Ruuska, 2003; Nilsson & Albrektson, 1994).

I fältförsök har både positiva och negativa effekter kunnat kopplas till olika beslut i samband med kalmarkstiden (Nilsson & Örlander, 1999; Örlander & Nilsson, 1999; Von Sydow, 1997; Örlander *et al.*, 1996; Nilsson & Örlander, 1995; Straka & Hotvedt, 1985; Sands & Nambiar, 1984; Tirén, 1940), men dess sammanvägda betydelse i praktiskt skogsbruk har inte undersökts. Kalmarktidens betydelse kan variera beroende på lokala ståndortsförhållanden och åtgärdsvalen som påverkar kalmarkstiden bör i sådana fall anpassas efter dessa och skogsägarens mål. Valmöjligheterna vid skötselvalen begränsas i praktiken av skogsägarens produktionstekniska begränsningar, förhållandena på ståndorten och i varierande utsträckning även omvärldens krav. De produktionstekniska begränsningarna omfattar såväl skogsmarkens som vägars bärighet under olika årstider, samt tillgängligheten på maskin- och personalresurser. För de sistnämnda tillkommer ytterligare begränsningar genom önskemål om jämn sysselsättning, rimlig storlek på arbetsområden och rationell maskin- och resurslogistik. Ståndortsförhållandena kan påverka både vilka åtgärdstyper som är möjliga och när de kan utföras. Omvärldskraven varierar mellan olika markägare och kan omfatta sådant som lag- och certifieringskrav, samt krav från olika skogliga intressenter.

För Holmen Skog har sammanvägningen av ovan nämnda faktorer, resulterat i att målbilden för kalmarkstiden varierar inom företaget (Norgren, 2018). Något som påverkats av den stora geografiska spridningen av markinnehavet och tillhörande skillnader i ståndortsförhållanden. I företagets sydliga delar - där det förekommer mycket snytbagge och fler hyggen med allvarlig konkurrens från hyggesvegetationen - eftersträvas en kort kalmarkstid (Norgren, 2018) och plantering sker tidigt på säsongen. I norr läggs mindre fokus på kalmarkstiden som helhet och istället eftersträvas – med tanken att det förbättrar markberedningen - att låta en vinter passera mellan markberedning och plantering (Norgren, 2018), vartefter plantering sker under hela säsongen. Med utgångspunkt i dessa mål sker i praktiken större eller mindre avsteg från målbilden och en utvärdering bör göras för hur olika val i samband med kalmarkstiden påverkar föryngringarna, samt om dessa beslut är av samma betydelse i norra och södra Sverige.

Till följd av kalmarktidens betydelse för planterade plantors initiala tillväxt och höjd relativt sina konkurrenter, kan besluten kring kalmarkstiden tänkas påverka det konkurrenstryck planterade plantor utsätts för i plantskogen. Konkurrenstrycket kan även tänkas variera med en rad andra faktorer och en bättre förståelse för hur samspelet mellan åtgärdsval och ståndortsfaktorer påverkar konkurrenstrycket, bör undersökas.

Syfte

Studien syftar till att ge en mer heltäckande bild av vilken betydelse besluten i samband med kalmarkstiden har för föryngringsresultatet och ungskogens utvecklingspotential i det praktiska skogsbruket. Med hjälp av uppgifter från Holmen Skogs avdelningsregister⁴⁵ undersöks kalmarktidens betydelse för föryngringsresultatet i norra och södra Sverige. Efter

⁴ Holmen Skog refererar själva till registret som ett beståndsregister, men för att undvika förvirring kring betydelsen av ”bestånd” nyttjas här termen avdelningsregister.

⁵ Avdelning är den term som i arbetet kommer användas för att referera till en skötselenhet, en avgränsad yta inom vilken plantor/träd sköts tillsammans.

en kompletterande fältinventering, undersöks även kalmarkstidens och en rad andra faktorer (till exempel markfuktighetens, ståndortsindexets och GROT-uttagets) betydelse för konkurrenstrycket i plantskogen.

Följande specifika frågor ligger till grund för arbetet;

- Vilken betydelse får besluten i samband med kalmarkstiden för andelen lyckade föryngringar och påverkas föryngringar i norra, respektive södra Sverige på ett likartat sätt?
- Påverkar besluten kring kalmarkstiden det konkurrenstryck planterade plantor utsätts för i plantskogen?
- Vilka andra åtgärdsval och ståndortsfaktorer påverkar konkurrenstrycket i plantskogen?

MATERIAL OCH METOD

Denna studie har utförts i två delar. I den första gjordes en visuell analys med hjälp av beskrivande statistik baserat på data från Holmen Skogs avdelningsregister. Där undersöktes hur åtgärdsvalen i samband med kalmarkstiden påverkat företagets föryngringar i norra respektive södra Sverige. I den andra delen undersöktes genom multipel linjär regression, om och hur olika åtgärdsval i samband kalmarkstiden, samt en rad andra faktorer, påverkat konkurrenssituationen i femåriga plantskogar. För att undersöka detta kompletterades datamaterialet från Holmen Skogs avdelningsregister med fältinventerat data från 35 föryngringar, insamlat fem år efter plantering. Nedan beskrivs först datamaterialet från Holmen Skogs avdelningsregister och från det framräknade variabler, vilka nyttjats till studiens båda delar. Därefter beskrivs studiens två delar och dess respektive avgränsningar, datamaterial och analyser separat.

Holmen skogs avdelningsregister

Datamaterialet från Holmen Skogs avdelningsregister har samlats in av företagets personal. Det datamaterial som använts i denna studie berör ståndortsfaktorer, uppgifter om mängden överlevande plantor och andel nollytor vid föryngringsinventeringen, avverkningsvolym/ha/trädslag och åtgärdstyper, samt tidpunkter för dessa (Bilaga 1).

Vid plantering sker normalt tre åtgärder i samband med kalmarkstiden och kalmarkstiden kan beskrivas som tre åtgärdsintervall. Tiden mellan avverkning och plantering, avverkning och markberedning, samt markberedning och plantering. För dessa tre åtgärdsintervall skapades tre variabler vardera, där tiden mellan åtgärderna beskrevs i antalet kalendermånader, antalet kalendermånader under vegetationsperioden (vegetationsperiodsmånader) och antalet vintrar som passerat (Tabell 1). Vegetationsperioden uppskattades pågå fem månader i Nord, respektive sex månader i Syd (SMHI, 2018). Utöver de nio variabler som beskrev kalmarkstidens fördelning mellan de olika åtgärderna, inkluderades även tidpunkten för plantering (planteringsmånaden), när betydelsen av ”beslut i samband med kalmarkstiden” undersöktes (Tabell 1).

Tabell 1. Beskrivning av de nio kalmarksvariabler som beräknats från Holmen Skogs avdelningsregister och planteringstidpunkten.

Table 1. Description of the nine fallow period variables calculated from the department register of Holmen Skog and time of planting. (For description in English, see Appendix (Bilaga) 2.)

Variabelnamn	Beskrivning
Avv_pl_mån	Antal kalendermånader mellan avverkning och plantering
Avv_mb_mån	Antal kalendermånader mellan avverkning och markberedning
Mb_pl_mån	Antal kalendermånader mellan markberedning och plantering
Vintrar_avv_pl	Antal vintrar mellan avverkning och plantering
Vintrar_avv_mb	Antal vintrar mellan avverkning och markberedning
Vintrar_mb_pl	Antal vintrar mellan markberedning och plantering
Avv_pl_vpm	Antal kalendermånader som mellan avverkning och plantering infallit under vegetationsperioden* (vegetationsperiodsmånader)
Avv_mb_vpm	Antal kalendermånader som mellan avverkning och markberedning infallit under vegetationsperioden* (vegetationsperiodsmånader)
Mb_pl_vpm	Antal kalendermånader som mellan markberedning och plantering infallit under vegetationsperioden* (vegetationsperiodsmånader)
Pl_mån	Den månad under vilken planteringen utförts

** Vegetationsperioden uppskattades med hjälp av SMHI (2018) pågå fem månader per år i region Nord och sex månader per år i region Syd.*

Den enda informationen som funnits angående plantmaterialet, är vetskap om att majoriteten av avdelningarna i region Nord planterats med Starpot 50 och de i region Syd med Starpot 90 eller 120 (Norgren, 2018). Ingen hänsyn har därför kunnat tas till eventuella effekter som varierar med plantornas storlek, härkomst och huruvida de snytbaggesskyddats eller ej.

Föryngringarna

Vilka beslut kring kalmarkstiden som var av betydelse för andelen lyckade föryngringar och om det varierade mellan norra och södra Sverige, undersöktes visuellt med hjälp av en rad figurer. Andelen lyckade föryngringar beräknades genom att sätta antalet barrplantor och andelen nollytor⁶ som registrerats vid Holmen Skogs föryngringsinventering i relation till Holmen Skogs mål (Holmen Skog, 2016), samt Skogsvårdslagens krav på en lyckad föryngring (Skogsstyrelsen, 2017). Målen benämns kort "Holmens mål" respektive "SVL".



Avgränsningar

Inför analysen av hur kalmarkstiden påverkat andelen lyckade föryngringar, gjordes följande avgränsningar.

Föryngringarna skulle vara belägna i Holmens Skogs region Nord eller Syd (Figur 1), ha markberedningstypen harv, högläggning eller grävhög, vara planterade mellan åren 2012-2015 och cirkelyteinventerade året efter plantering. Enbart föryngringar på marker med ståndortsindex (Hägglund & Lundmark, 2004; Hägglund & Lundmark, 2003; Hägglund & Lundmark 1987) 18-22 i Nord och 27-31 i Syd inkluderades. Bland dessa redovisades resultaten för tall- och granföryngringar i Nord, respektive granföryngringar i Syd. För de valda åren fanns ursprungligen 2 727 föryngringar i region Nord, respektive 603 i region Syd. Efter avgränsningarna ovan återstod 1 423, respektive 262 föryngringar.

Figur 1. Holmen skogs totala innehav markerat i svart, med innehavet tillhörande region Nord och Syd inringat i norr respektive söder. Resterande innehav tillhör region Mitt.

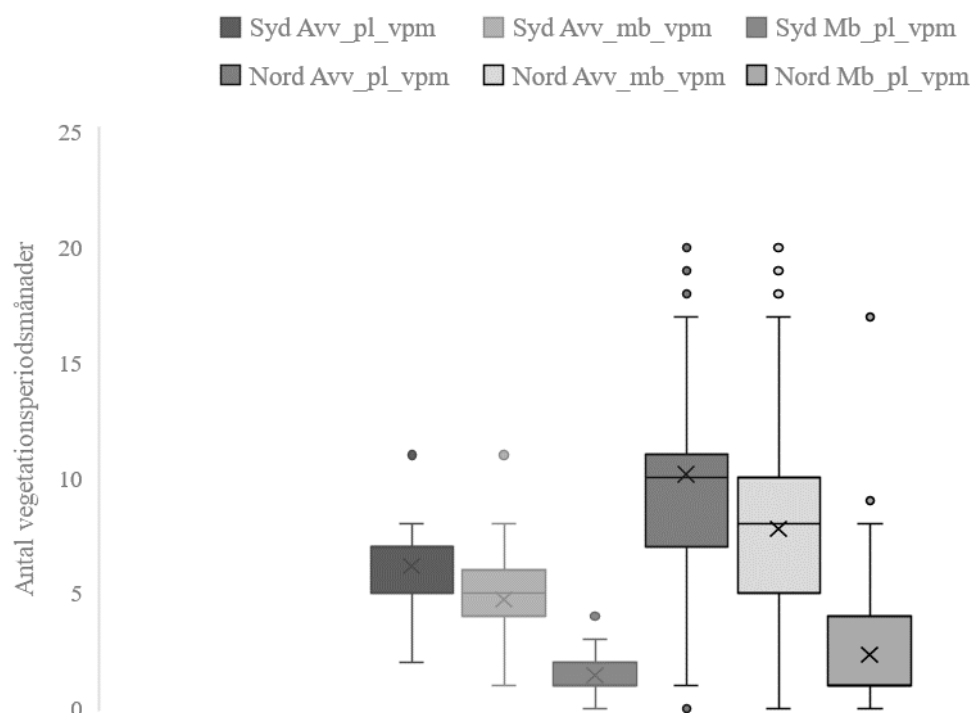
Figure 1. The total holding of Holmen Skog, with the holding of region Nord and Syd encircled in the north and south respectively. The remaining holding belonging to region Mitt.

(Skogsindustrierna, 2017)

⁶ Cirkel med 3 meters radie i vilken det återfinns 0 huvudplantor.

Datamaterial

Efter ovan nämnda avgränsningar utförts framgick att avdelningarnas fördelning mellan olika ståndortsegenskaper och åtgärdsstidpunkter skilde sig mellan regionerna. Kalmarkstidens tre åtgärdsintervall var generellt längre i region Nord, än i region Syd (Figur 2).



Figur 2. Kalmarkstidens längd och fördelning mellan åtgärder mätt i antal vegetationsperiodsmånader, för region Syd (till vänster), respektive Nord (till höger). Redovisat för tiden mellan avverkning och plantering (Avv_pl_vpm), avverkning till markberedning (Avv_mb_vpm), samt markberedning till plantering (Mb_pl_vpm). X visar medelvärdet och strecken i boxarna visar medianen.

Figure 2. The fallow period length and distribution between operations measured in vegetation months for region Syd (to the left) and Nord (to the right). Presented for the time between final felling and planting (Avv_pl_vpm), final felling and scarification (Avv_mb_vpm), scarification and planting (Mb_pl_vpm) respectively. X showing mean and the line in the box showing the median.

Antalet avdelningar med olika markfuktighetsklass skilde sig både mellan regionerna och mellan trädslagen i region Nord (Tabell 2).

Tabell 2. Antal avdelningar med respektive markfuktighetsklass och trädslag i de två regionerna.

Table 2. Number of departments with each soil moisture class and tree species respectively, in the two regions.

	Region Nord		Region Syd
	Tall/Pine	Gran/Spruce	Gran/Spruce
Torr/Dry	42		
Frisk/Mesic	724	351	246
Fuktig/Moist	128	178	16
Blöt/Wet			
Total/Total	894	529	262

Beräkningar och analys

Bedömningen av hur kalmarkstiden påverkade förnygringarna, utgick från Holmen Skogs mål respektive Skogsvårdslagens krav, vilka beskrivs nedan. Holmens mål vid plantering är att

antalet huvudstammar av barr vid inventeringstillfället skall uppgå till minst 90 % av det antal som planterats och att andelen nollytor ej får överstiga 2 % (Holmen Skog, 2016). Eftersom studiens datamaterial saknade uppgifter om antalet planterade plantor/ha, antogs efter samråd med personal på Holmen Skog, att ungefär 2300 plantor planterats/ha i båda regionerna (Norgren, 2018), varvid gränsen för att uppnå Holmens mål drogs vid 2070 plantor/ha. Skogsvårdslagens krav på antal huvudplantor som skall återfinnas/ha vid senaste tidpunkt för hjälpplantering, varierar beroende på trädslag och ståndortsindex (Tabell 3).

Tabell 3. Lägsta antal huvudplantor som enligt Skogsvårdslagens krav ska återfinnas per hektar, vid senaste tidpunkt för hjälpplantering. Redovisat för marker med olika ståndortsindex och huvudträdslag.

Table 3. Lowest number of main stems that according to the Swedish Forestry Legislation are to be found per hectare, at the latest time for supplemental planting. Presented for soils with varying site index and main tree species.

(Skogsstyrelsen, 2017)

	Ståndortsindex H100* Site index H100*	Stamantal/ha No of stems/ha
Tall och contortatall /Pine and Lodgepole pine	T28+	2 300
	T24	2 000
	T20	1 700
	T16	1 300
	T12	1 100
Gran /Spruce	G36+	2 300
	G32	2 000
	G28	1 800
	G24	1 500
	G20	1 100
	G16	900

* Ståndortsindex enligt Hägglund & Lundmark (2004; 2003; 1987); Site index according to Hägglund & Lundmark (2004; 2003; 1987)

Kravet på maximalt tillåten andel nollytor varierar också med trädslag och ståndortsindex. För avdelningar med ståndortsindex motsvarande T14 respektive G22 och högre, är gränsen 10 % nollytor och för avdelningar med lägre ståndortsindex gäller 20 % (Skogsstyrelsen, 2017). För att besluta kravnivån för nollyteandelen, respektive plantantal/ha för respektive avdelning, har - i avsaknad på uppgifter om planterat trädslag och det ibland missvisande ståndortsboniterade trädslaget - proportionen av tall, gran och löv vid ettårsinventeringen beräknats. Denna har sedan utvärderats mot Skogsvårdslagens definition “med tall-, gran- eller björkskog avses här bestånd vars plantantal till minst 7/10 består av tall, gran respektive björk” (Skogsstyrelsen, 2017), för att klassificera avdelningarna som tall- eller granskogar.

Med inventeringsuppgifterna från avdelningsregistret beräknades två binära variabler för att beskriva om de enskilda föryngringarna lyckats leva upp till respektive norm. Variablerna beräknades med hjälp av antalet barrplantor och andelen nollytor som registrerats vid föryngringsinventeringen. Utifrån om dessa motsvarade Holmens mål respektive SVL, klassificerades varje föryngring som lyckad eller misslyckad. Med hjälp av de skapade variablerna gjordes en visuell analys av hur de beräknade kalmarksvariablerna, planteringsmånaden, samt en rad ståndortsfaktorer påverkade andelen föryngringar som lyckades leva upp till respektive norm. Resultatet redovisades i figurer.

Plantskogen

För att undersöka konkurrenssituationen i plantskogen, inventerades i slutet av september och början av oktober år 2017 35 avdelningar på Holmen Skogs innehav. Från de inventerade variablerna beräknades två konkurrensindex som inspirerats av Valkonen och Ruuskas (2003). Konkurrensindexen utgjorde därefter de beroende variablerna vid varsin multipel linjär regression, där de skapade kalmarksvariablerna, samt en rad andra faktorer undersöktes som möjliga förklaringsvariabler.

Avgränsningar

Urvalet av avdelningar att besöka i fält begränsades av logistiska skäl till Holmen Skogs region Nord, distrikt Umeå. För att försäkra liknande förutsättningar gjordes ytterligare avgränsningar genom krav på att föryngringarna hade markberedningstypen harv, högläggning eller grävhög, planterats år 2012 och efter planteringen varken blivit hjälpplanterade eller röjda. Efter en kortare tidsstudie beslutades om inventering av 40 föryngringar, vilka slumpades från de avdelningar som i Holmen Skogs avdelningsregister levde upp till ovan nämnda avgränsningar. Fem av de 40 framslumpade avdelningarna bedömdes redan innan inventering som icke lämpliga, (på grund av t ex plantering av avvikande trädart, avbruten markberedning eller möjlig felaktighet i registrerat planteringsår) varvid ingen inventering gjordes. Under analysen exkluderades ytterligare en avdelning, till följd av extremvärden som bedömdes bero på sen dikning, samt troligtvis både snytbagge- och frostsador.

Fältbesökta avdelningar

De inventerade föryngringarna var planterade med tall- eller granplantor och hade ståndortsindex på T18-22, respektive G17-23 och återfanns på friska respektive fuktiga marker (Tabell 4).

Tabell 4. Avdelningsbeskrivning med avdelningsareal och några variabler som testades vid regressionsanalysen av konkurrensindexen (Ståndortsindex (SI), Markfuktighetsklass, Markberedningstyp, Antal vegetationsperiodsmånader (vpm) mellan markberedning och plantering, Planteringsmånad, samt Andel naturligt föröngtrade huvudstammar).

Table 4. Department description with department area and some variables tested in the regression analysis of the two competition indexes (Site index (SI), Soil moisture, Scarification type, No. of vegetation period months (vpm) between scarification and planting, Planting month and Proportion of naturally regenerated main stems).

Nr	Avdelnings- areal (ha)	SI	Mark- fuktighet*	Markberednings- typ**	Markberedning → plantering (vpm)	Planteringsmånad ***	Andel_NF****
1	3,1	T22	Frisk	Grävhö	1	5	0,04
2	1,5	T22	Frisk	Högläggning	2	6	0,00
3	13,9	T22	Frisk	Harvning	2	6	0,01
4	1,8	T20	Frisk	Grävhö	1	6	0,25
5	1,3	T19	Fuktig	Grävhö	1	6	0,30
7	22,1	T21	Frisk	Harvning	6	7	0,08
8	21,2	T19	Frisk	Harvning	4	8	0,04
9	5,6	T20	Frisk	Grävhö	3	7	0,04
10	6,8	T20	Frisk	Harvning	4	8	0,04
12	18,3	T22	Frisk	Harvning	3	6	0,14
13	1,0	T21	Frisk	Harvning	5	9	0,14
14	4,2	G23	Frisk	Harvning	5	9	0,00
16	19,7	T19	Frisk	Harvning	7	8	0,02
17	1,4	G19	Frisk	Grävhö	5	6	0,00
18	7,6	G19	Frisk	Harvning	2	6	0,06
19	1,6	G19	Fuktig	Harvning	3	6	0,05
20	8,3	T21	Frisk	Högläggning	1	6	0,21
21	5,5	G17	Fuktig	Grävhö	2	6	0,00
22	7,7	G19	Frisk	Harvning	4	8	0,00
23	3,2	T19	Frisk	Harvning	2	6	0,13
24	0,5	T21	Frisk	Grävhö	3	6	0,10
25	2,9	T19	Frisk	Harvning	6	6	0,00
26	5,3	T21	Frisk	Harvning	6	6	0,02
27	1,7	T21	Frisk	Harvning	4	8	0,00
28	10	T22	Frisk	Högläggning	4	8	0,00
29	4,2	G21	Frisk	Harvning	3	7	0,00
30	16,8	G21	Frisk	Harvning	8	9	0,25
31	9,5	T22	Frisk	Harvning	4	8	0,02
32	6,3	G20	Fuktig	Högläggning	5	10	0,00
33	5,0	T18	Fuktig	Harvning	5	9	0,00
34	31,8	G22	Frisk	Harvning	3	7	0,00
36	2,2	G22	Frisk	Harvning	1	5	0,00
37	1,5	T21	Frisk	Högläggning	1	5	0,04
38	8,7	T18	Frisk	Harvning	6	6	0,16

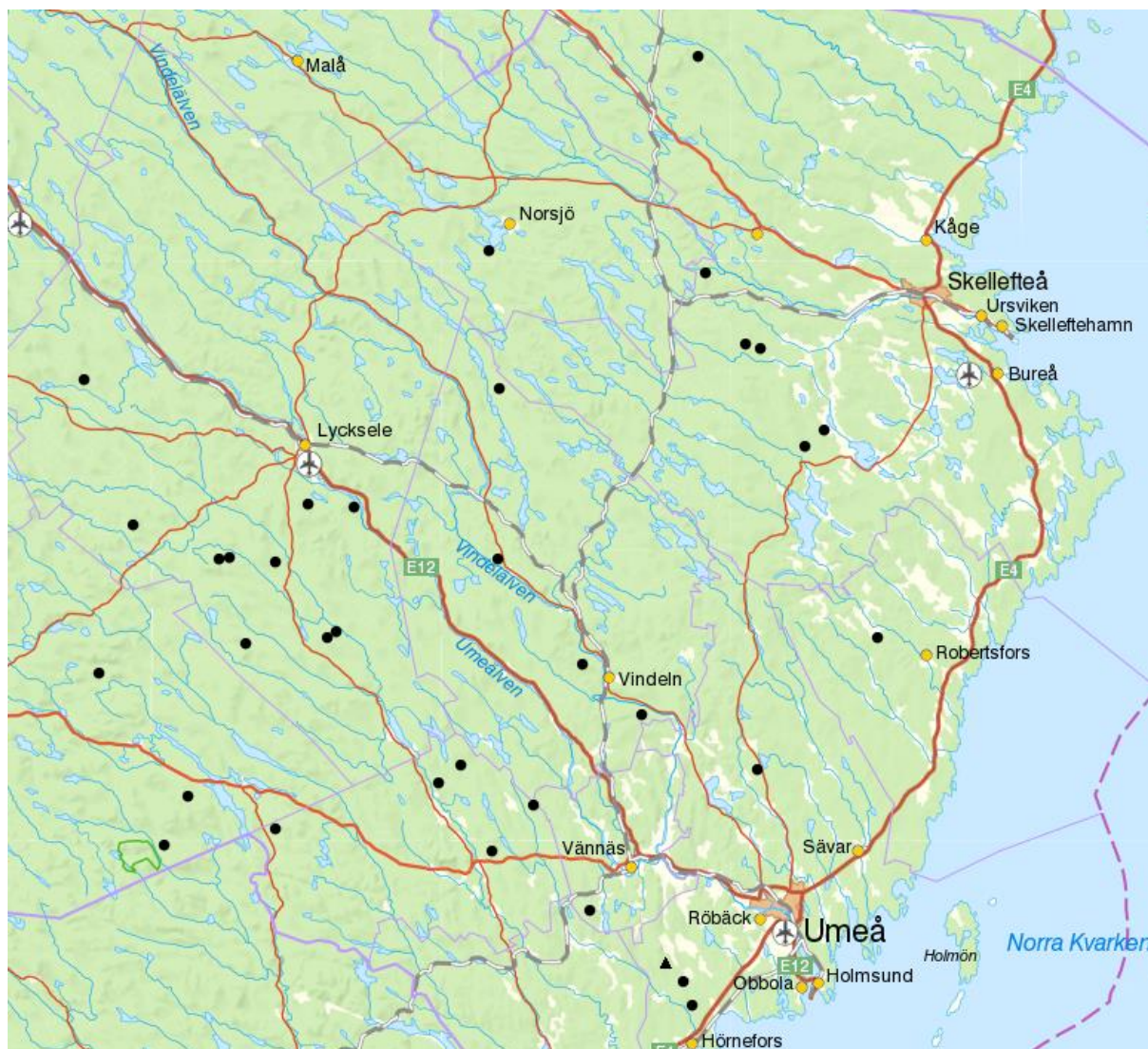
* Markfuktighetsklass enligt Hägglund & Lundmark (1987)/ Soil moisture class according to Hägglund & Lundmark (1987)
: Frisk/Mesic, Fuktig/Moist

** Markberedningstyp/Scarification type: Harvning/Disc trenching, Högläggning (med draget aggregat)/Mounding with pulled aggregate, Grävhö (högläggning med grävmaskin)/Mounding with excavator

*** Planteringsmånad/Planting month; from maj/May (5) to oktober/October (10)

**** Proportion of naturally regenerated main stems.

De inventerade avdelningarna var belägna mellan Jörn i norr, Hörnefors i söder, Kattisavan i väster och Robertsfors i öster (Figur 3).



Figur 3. De 35 inventerade avdelningarna. Cirklar markerar de avdelningar som inkluderades i den slutliga regressionsmodellen och triangeln markerar avdelningen som exkluderades under analysen.

Figure 3. The 35 departments inventoried. Circles marking departments included in the final regression model and the triangle marking the department excluded during analysis.

(Skogsindustrierna, 2017)

Inventering

Inför inventeringen gjordes utdrag från Holmen Skogs avdelningsregister med detaljkartor över de framslumpade föryngringarna. Föryngringarna markerades även ut i Holmen Skogs inventeringsapplikation för att underlätta navigeringen till och inom avdelningarna. Provytecentra i respektive avdelning fördelades systematiskt med slumpad startpunkt och anpassat förband för att rymma eftersträvat antal provytecentra (Tabell 5).

Tabell 5. Antal provytor som inventerades baserat på avdelningsstorlek.

Table 5. Number of sample plots inventoried based on department size.

Avdelningens storlek i hektar/Department size in hectare	Antal provytecentra/No of sample plots
<=5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
>=10	10

För förnygringar med en storlek mellan fem och 10 ha, innebar detta ett inventeringsförband på 100 meter. För avdelningar mindre än 5 ha, respektive större än 10 hektar, beräknades inventeringsförbandet enligt formel 1.

$$F = \sqrt{A/n} \quad (1)$$

Där F står för förband, A för arealen i kvadratmeter och n eftersträvat antal provytecentra.

Inventeringen gjordes på koncentrisk cirkelprovytor med 10, 50 respektive 314 m² area. Med hänsyn till den största cirkelytan, korregerades ytor som hamnade delvis utanför objektets gräns. Provytecentrum förflyttades inåt tills hela ytan föll inom objektsgränsen. Som objektsgräns mot skogskant räknades trädskronans projektion i en utjämnad linje. Lämnad hänsyn räknades inte in i objektet och provytor som hamnade där hanterades på samma sätt som om det vore en skogskant/objektskant (till hänsyn räknades hänsynsytor, kantzoner, trädgrupper och enskilda naturvärdes- och framtidssträd, grupper av död ved som markerats med kulturstubbar, kultur- och fornmiljöer, stigar).

Inventeringsvariabler för respektive provytestorlek;

- 10 m², radie 1,785 m
 - Antal plantor/ha/trädslag
Alla plantor vars höjd uppgick till minst 50 % av de inmätta huvudstammarnas medelhöjd räknades.
- 50 m², radie 3,99 m
 - 10 tänkta huvudstammar
Här valdes de plantor som vid inventeringstillfället bedömdes ha lämnats om önskat förband röjts fram. Detta gjorde att allvarligt skadade planterade plantor i ett antal fall byttes mot självföryngrade plantor. På utvalda huvudstammar noterades därefter en rad variabler enligt följande;
 - Trädslag
 - Huvudstammens höjd (cm)
 - Naturligt föryngrad/planterad planta
 - Skadad del
Här användes följande kodsystäm;
"TT" tidigare topp, "T" topp, "TSS" tidigare sidoskott, "SS" sidoskott.
Om kombinationer av dessa förekom noterades båda koderna.
 - Skadetyper
För skadade plantor noterades här om möjligt vad som orsakat skadan.
 - Utvald för konkurrensindex: JA/NEJ
 - Tre huvudstammar för inmätning av konkurrensindex
Från de tio huvudstammarna ovan plockades tre av de planterade plantorna ut för inmätning av konkurrenssituationen. Detta resulterade i mellan 15 och 30

huvudstammar per avdelning. Urvalet av de tre stammarna gjordes stående i provytecentrum. Den planta som återfanns närmast provytecentrum valdes till planta 1, den planta som kom närmast medurs om planta 1 valdes till planta 2 och den planta som kom närmast medurs om planta 2 valdes till planta 3.

- För de tre utvalda huvudstammarna registrerades uppgifter till beräkningen av de två konkurrensindexen. På alla konkurrerande plantor inom en meters radie från huvudstammen, vars höjd uppnådde eller överskred ett tänkt horisontellt plan ut från 50 % av huvudstammens höjd registrerades;
 - Trädslag
 - Konkurrentplantans topps höjdavvikelse från huvudstammens (cm).
 - Avståndet mellan konkurrens- och huvudstam (cm).
- 314 m², radie 10 m
 - Ståndortsbonitering enligt Skogshögskolans boniteringssystem (Hägglund & Lundmark, 2004; Hägglund & Lundmark, 2003; Hägglund & Lundmark, 1987).

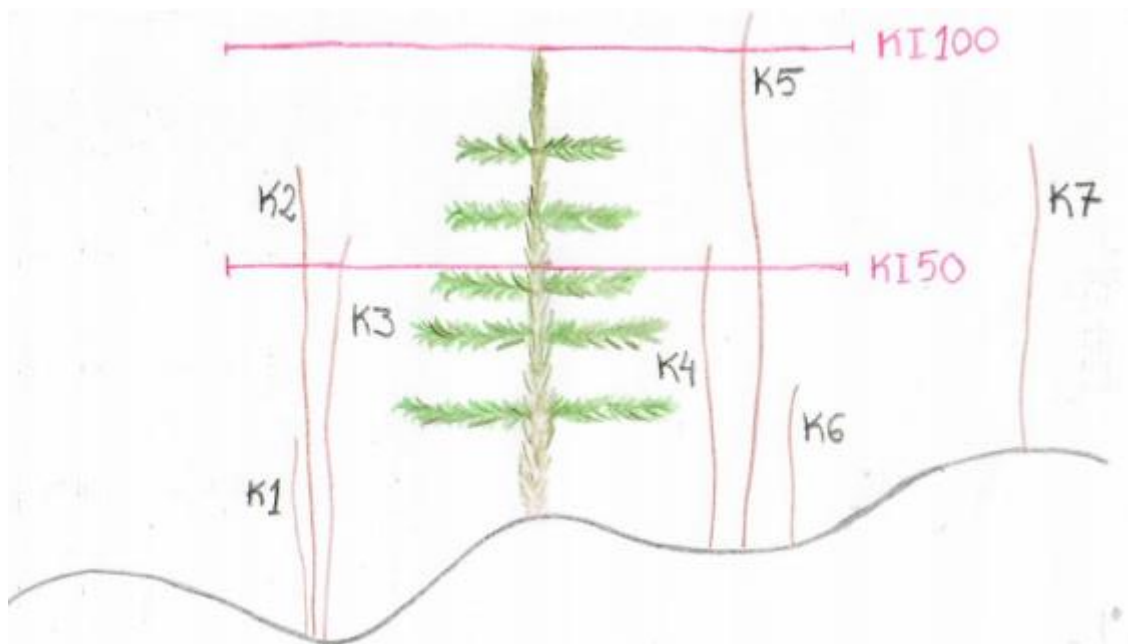
Beräkningar och analys

De variabler som inventerades i fält fyllde olika syften i arbetet. Stamantalet/trädslag/ha inventerades för att bekräfta den upplevda mängden plantor som uppkommit i avdelningen. Om plantorna var skadade, samt naturligt föryngrade eller planterade noterades för att beräkna andelen skadade plantor (Andel_skadade), respektive andelen naturligt föryngrade plantor (Andel_NF) bland huvudstammarna. Variablerna som inventerades för de tre utvalda huvudstammarna användes till att beräkna studiens två konkurrensindexen, samt för att beräkna hur stor andel av det totala antalet registrerade konkurrenter som i studien utgjordes av respektive trädslag. Vid ståndortsboniteringen uppdaterades de från Holmen Skogs avdelningsregister tillgängliga uppgifterna om ståndortsboniterande trädslag, markens ståndortsindex och markfuktighetsklassen. Det framgick då att en avdelning som enligt avdelningsregistret ståndortsboniterats som gran, planterats med tall och ett som ståndortsboniterat som tall, planterats med gran. Även inventerad markfuktighetsklass avvek vid ett par tillfällen från avdelningsregistrets uppgifter.

För de beräknade variablerna har medelvärden beräknats per avdelning. Beräkningen av de två konkurrensindexen har gjorts med samma formel, men olika inklusionsgräns för konkurrenterna. KI50 och KI100 inkluderade alla konkurrenter vars höjd uppnådde eller överskred ett tänkt horisontellt plan ut från 50 respektive 100 % av huvudstammens höjd (Figur 4). Konkurrensindexen inspirerades av Valkonen och Ruuskas (2003) index, men med andra höjd och avståndsgränser för konkurrensinklusion, samt en annan metod för inmätning av konkurrentens höjd relativt huvudstammen. Detta resulterade i formel 2.

$$KIH_{ij} = \sum_{k=1}^m (ha_{jk} + h_j) / (h_j + a_{jk}) \quad (2)$$

Där KIH_{ij} var konkurrensindexet för den j :e huvudstammen i den i :e avdelningen, m antalet konkurrenter, ha_{jk} den k :e konkurrentens höjdavvikelse relativt den j :e huvudstammen, h_j den j :e huvudstammens höjd och a_{jk} avståndet mellan huvudstam j och konkurrent k .



Figur 4. Studiens två konkurrensindex, KI50 och KI100, beräknades med uppgifter från alla konkurrenter inom en meters radie från huvudstammen vars topp uppnådde eller överskred ett tänkt horisontellt plan ut från 50, respektive 100 % av huvudstammens höjd. I figuren ovan inkluderades K2, K3, K4 och K5 i KI50, medan enbart K5 inkluderades i KI100.

Figure 4. The two competition indexes of the study, KI50 and KI100, were calculated with information from all competitors that were found within a one meter radius of the main stem and whose tip reached or exceeded an imagined horizontal plane out from 50 and 100 % of the main stem height, respectively. In the figure above, K2, K3, K4 and K5 were included in KI50, while only K5 was included in KI100.

I de inventerade avdelningarna återfanns beroende av avdelningens storlek mellan 15 och 30 huvudstammar, för vilka uppgifter om dess konkurrenter samlats in. Vid analysen kom en del provtytor att exkluderas på grund av att dess markfuktighetsklass kraftigt avvek från den i resterande avdelningen och inför analysen återfanns mellan 12-30 huvudstammar per avdelning. I respektive avdelning beräknades ett medelvärde av alla KIH_{ij} enligt formel 3.

$$KI_i = \sum_{j=1}^n KIH_{ij} / n \quad (3)$$

Där KI_i var medelvärdet av de n inventerade huvudstammarnas konkurrensindex i den i :e avdelningen, KIH_{ij} konkurrensindexet för den j :e inventerade huvudstammen i den i :e avdelningen och n antalet inventerade huvudstammar i avdelningen.

Hur kalmarkstiden och andra ståndortsfaktorer påverkade konkurrenstrycket i plantskogen, undersöktes genom modellering enligt principen för multipel linjär regression i formel 4.

$$Y = \beta_1 X_1 + \dots + \beta_m X_m + \varepsilon \quad (4)$$

Där Y var den beroende variabeln som skulle förklaras (KI50 och KI100), X de oberoende förklaringsvariablerna, β en skattad konstant och ε avvikelserna mellan modellens skattning och det observerade värdet.

I denna studie byggdes två regressionsmodeller för vilka en rad möjliga förklaringsvariabler undersöktes. De totalt 20 undersökta variablerna innefattade de tio tidigare definierade

kalmarsrelaterade variablerna (Tabell 1) och 10 ytterligare variabler som beskrev olika åtgärdsval och ståndortsförhållanden (Tabell 6). Effekten av dessa undersöktes både enskilt och i vissa fall som samverkansfaktorer.

Tabell 6. Beskrivning av åtgärds- och ståndortsförhållandebeskrivande variabler vilka undersöktes som möjliga förklaringsvariabler vid den multipla regressionsmodelleringen.

Table 6. Description of variables describing the management measures and site properties that were investigated as possible explanatory variables during the multiple linear modeling. (For description in English, see Appendix (Bilaga) 2.)

Ståndorts- och åtgärdsbeskrivande variabler	Beskrivning
SI_T	Ståndortsboniterat (planterat) trädslag
SI_M	Avdelningens ståndortsindex
MF	Markfuktighetsklass
Vegtyp	Vegetationstyp (ris/gräs/ört)
Andel_skadade	Andel huvudstammar som var skadade
Andel_NF	Andel huvudstammar som var naturligt föryngrade
Tot_vol_m3f_ha	Total avverkningsvolym m ³ f/ha
Lovmassa_m3f_ha	Avverkad lövvirkesvolym m ³ f/ha
GROT	GROT uttaget (ja/nej)
MB_typ	Markberedningstyp (harv/högläggning/grävhöj)

Regressionsanalyserna har utförts i RStudio med signifikansnivån 95 %. Till stöd vid analyserna nyttjades boken ”Data analysis and graphics using R : an example-based approach” (Maindonald & Braun, 2010) och dess delar som berör linjär regression och multipel linjär regression.

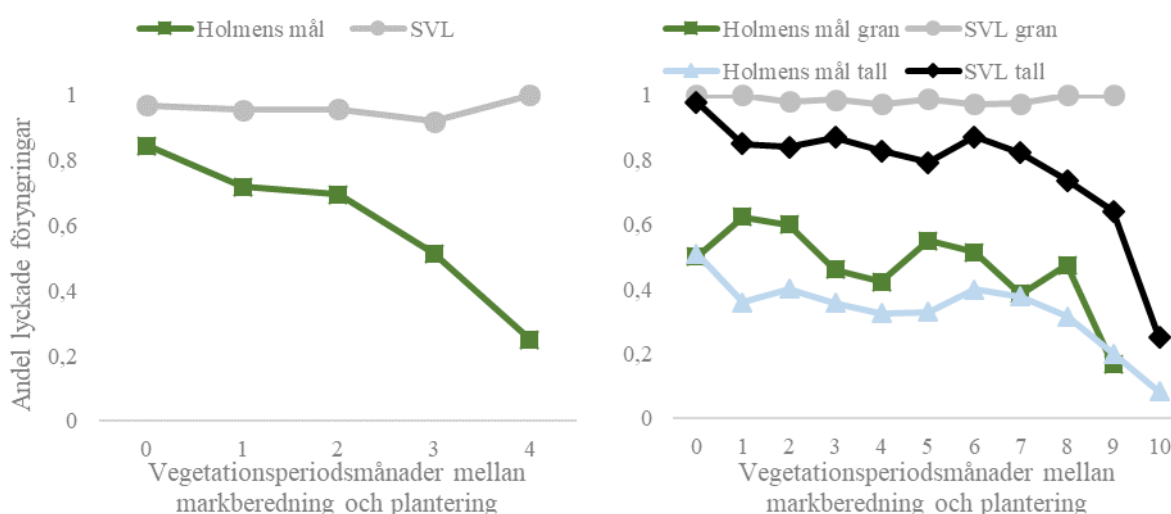
För att undersöka vad som påverkat konkurrensen som uppmäts för respektive konkurrensindex, studerades hur de olika förklaringsvariablerna (x) förhöll sig till varandra, samt konkurrensindexen (y). Innan modellbygget påbörjades undersöktes datamaterialet för att få en uppfattning av hur det såg ut, samt hitta eventuellt felinförda uppgifter och extremobservationer. Det framgick då att en avdelning uppvisade anmärkningsvärt högt konkurrensstryck och efter kontroll i Holmen Skogs avdelningsregister i kombination med upplevelsen i fält, exkluderades avdelningen från den fortsatta regressionsanalysen. Därefter byggdes en multipel regressionsmodell för respektive konkurrensindex.

Beslut om vilka variabler, samt i vilken ordning de lades till modellen, har tagits genom att studera korrelationskoefficienter och sambandsplottar kombinerat med skoglig kunskap. Vid signifikans hos den tillagda förklaringsvariabeln utvärderades dess bidrag till modellen genom att studera spridningen av modellens residualer, samt förändringen i modellens justerade förklaringsgrad och medelfel (Bilaga 3).

RESULTAT

Föryngringarna

Inga samband kunde i någon av regionerna kopplas till åtgärdsintervallen avverkning till plantering, eller avverkning till markberedning. Ett ökande antal vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering, minskade andelen föryngringar som lyckades leva upp till Holmens mål i båda regionerna. För SVL återfanns samma trend enbart hos tallföryngringarna (Figur 5). Effekten var mer drastisk i region Syd och andelen lyckade föryngringar sjönk med ca 0,6 mellan 0 och 4 vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering. Skillnaden mellan 0 och 4 vegetationsperiodsmånader i region Nord var för gran ca 0,1 och för tall ca 0,2 och över hela variationsbredden i region Nord ca 0,35 respektive ca 0,4.



Figur 5. Andel föryngringar som vid varierande antal vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering lyckas leva upp till SVL, respektive Holmens mål. Redovisat för granföryngringar i region Syd (till vänster) och gran- och tallföryngringar i region Nord (till höger).

Figure 5. Proportion of regenerations with varying number of vegetation months having passed between scarification and planting that manage to reach SVL and Holmens objectives, respectively. Presented for spruce (gran) regenerations in region Syd (to the left) and spruce (gran) and pine (tall) regenerations in region Nord (to the right).

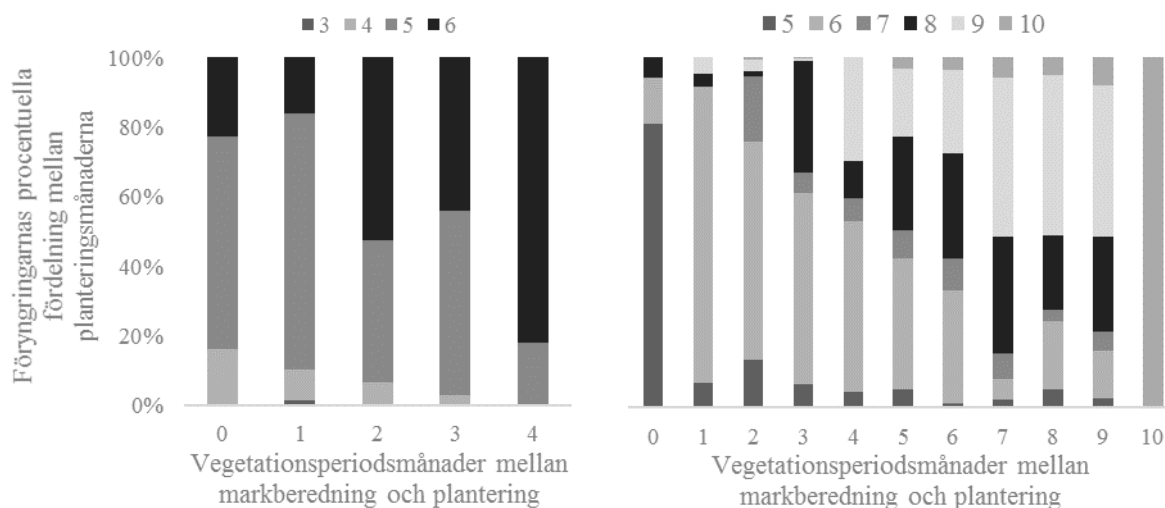
Det totala antalet föryngringar som upplevt ett visst antal vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering varierade i båda regionerna (Tabell 7). I region Syd var en vegetationsperiodsmånad mellan markberedning och plantering vanligast, medan motsvarande i region Nord var fyra.

Tabell 7. Antal föryngringar som upplevt ett visst antal vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering. Redovisat för gran i region Syd, samt gran och tall i Nord.

Table 7. Number of regenerations that has experienced a certain number of vegetation months between scarification and planting. Presented for spruce regenerations in region Syd and spruce and pine regenerations in region Nord.

	Vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering/ Vegetation period months between scarification and planting											Totalt
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gran i Syd/ Spruce in Syd	32	135	46	37	12							262
Gran i Nord/ Spruce in Nord	20	90	50	74	71	80	74	39	19	12		529
Tall i Nord/ Pine in Nord	47	139	75	129	185	106	93	45	38	25	12	894

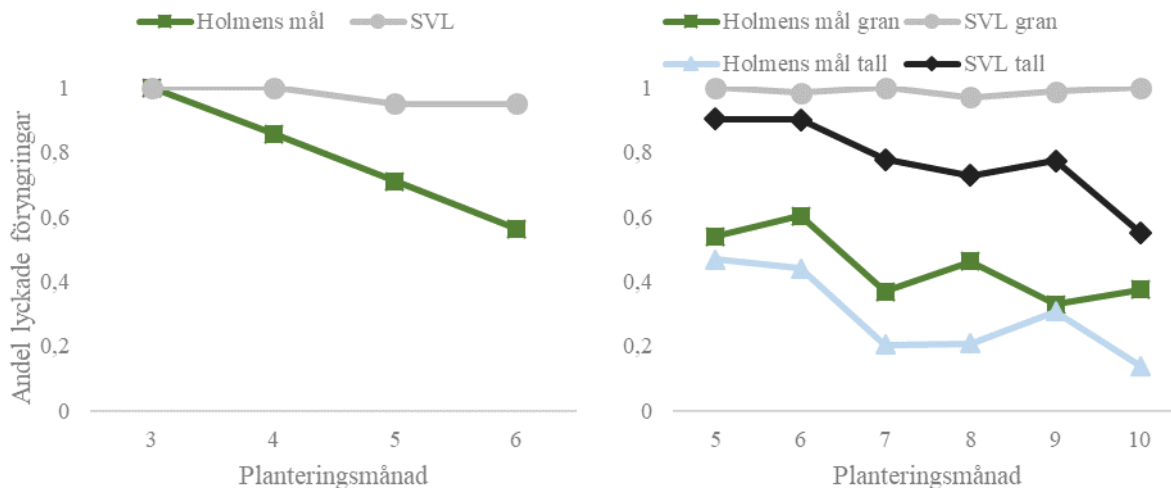
Föryngringarnas fördelning mellan olika planteringsmånader varierade med antalet upplevda vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering (Figur 6). I båda regionerna ökade andelen sent planterade föryngringar med ökande antal vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering.



Figur 6. Föryngringarnas fördelning mellan olika planteringsmånader i region Syd (till vänster) och Nord (till höger) för varierande antal vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering. Kalendermånad för plantering, 3=mars, 4=april, 5=maj, 6=juni, 7=juli, 8=augusti, 9=september och 10=oktober.

Figure 6. Distribution of the regenerations between months of planting in region Syd (3-6, to the left) and Nord (5-10, to the right), for varying numbers of vegetation months having passed between scarification and planting. Calendar month for planting, 3=March, 4=April, 5=May, 6=June, 7=July, 8=August, 9=September and 10=October.

En senare planteringsmånad minskade genomgående andelen lyckade föryngringar i region Syd, medan trenden i region Nord var något ojämn. För SVL återfanns en negativ trend enbart för tallföryngringarna (Figur 7).



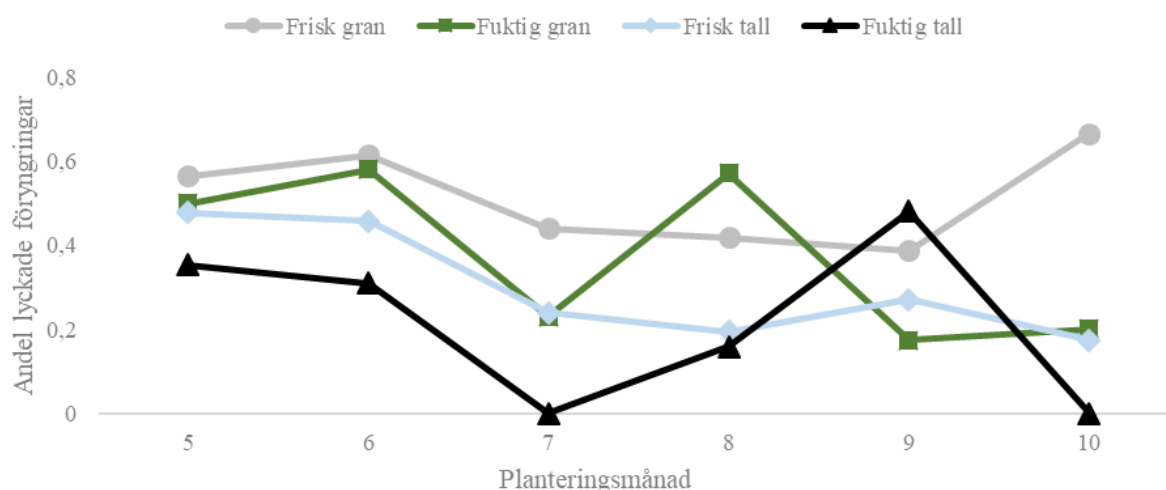
Figur 7. Andel föröngningar som vid plantering i en viss månad (3=mars, 4=april, 5=maj, 6=juni, 7=juli, 8=augusti, 9=september, 10=oktober) lyckats leva upp till SVL respektive Holmens mål. Redovisat för granföröngningar i region Syd (till vänster) och för gran- och tallföröngningar i region Nord (till höger).
 Figure 7. Proportion of regenerations with a certain planting month (3=March, 4=April, 5=May, 6=June, 7=July, 8=August, 9=September, 10=October) that manage to reach SVL and Holmens objectives, respectively. Presented, for spruce (gran) regenerations in region Syd (to the left) and for spruce (gran) and pine (tall) regenerations in region Nord (to the right).

Hur många föröngningar som i respektive region och för respektive trädslag, planterats i en viss månad varierade (Tabell 8). I region Syd planterades majoriteten av avdelningarna i maj och i region Nord planterades flest avdelningar i juni.

Tabell 8. Antal föröngningar som planterats i respektive planteringsmånad (3=mars, 4=april, 5=maj, 6=juni, 7=juli, 8=augusti, 9=september, 10=oktober). Redovisat för granföröngningar i region Syd, samt gran- och tallföröngningar i region Nord.
 Table 8. Number of regenerations planted in each planting month (3=March, 4=April, 5=May, 6=June, 7=July, 8=August, 9=September, 10=October). Presented for spruce regenerations in region Syd and spruce and pine regenerations in region Nord.

	Planteringsmånad/Planting month								Totalt/Total
	3	4	5	6	7	8	9	10	
Gran i Syd/ Spruce in Syd	2	21	159	80					262
Gran i Nord/ Spruce in Nord			39	257	38	102	85	8	529
Tall i Nord/ Pine in Nord			92	402	54	154	163	29	894

Effekten av olika planteringsmånader på andelen föröngningar som lyckades nå upp till Holmens mål, varierade i region Nord mellan friska och fuktiga avdelningar (Figur 8). Ingen jämförelse gjordes i region Syd på grund av få avdelningar på fuktig mark.



Figur 8. Andel förnyringar i region Nord som vid plantering i en viss månad (3=mars, 4=april, 5=maj, 6=juni, 7=juli, 8=augusti, 9=september, 10=oktober) lyckats leva upp till Holmens mål. Redovisat för gran- och tallförnyringar på frisk respektive fuktig mark.

Figure 8. Proportion of regenerations with a certain planting month (3=March, 4=April, 5=May, 6=June, 7=July, 8=August, 9=September, 10=October) that in region Nord managed to reach Holmens objective. Presented for spruce (gran) and pine (tall) regenerations, on mesic (frisk) and moist (fuktig) soils, respectively.

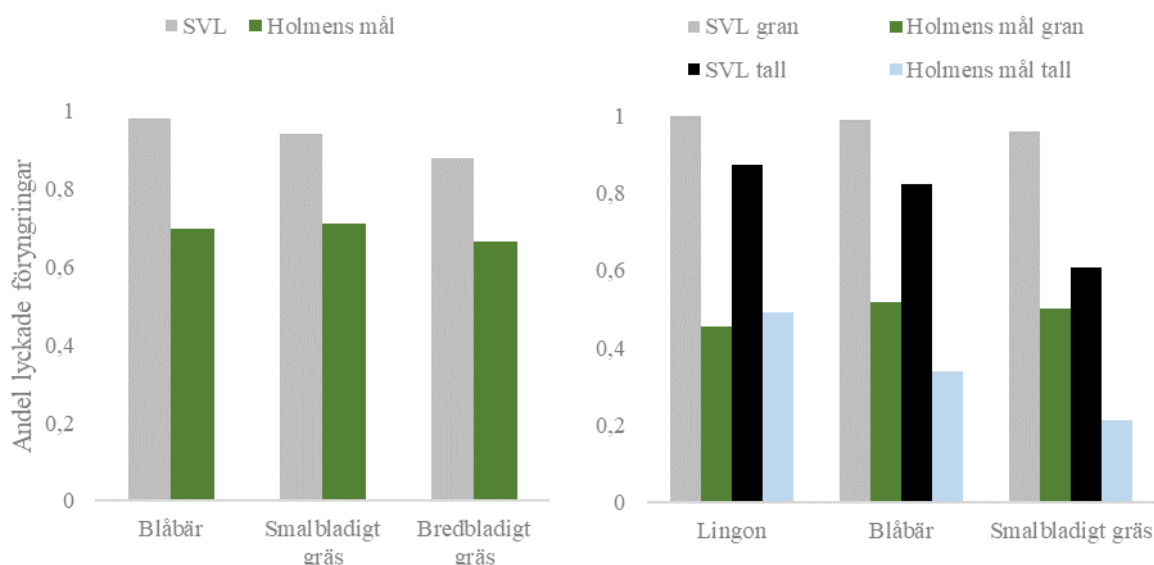
Antalet gran- och tallförnyringar som på frisk respektive fuktig mark planterats i olika månader varierade (Tabell 9).

Tabell 9. Antal förnyringar som planterats i respektive planteringsmånad (5=maj, 6=juni, 7=juli, 8=augusti, 9=september, 10=oktober) i region Nord. Redovisat för gran- och tallförnyringar på frisk respektive fuktig mark.

Table 9. Number of regenerations planted in each planting month (5=May, 6=June, 7=July, 8=August, 9=September, 10=October) in region Nord. Presented for spruce and pine regenerations on mesic and moist soils, respectively.

	Planteringsmånad/Planting month						Totalt/Total
	5	6	7	8	9	10	
Gran frisk mark/ <i>Spruce mesic soil</i>	23	164	25	74	62	3	351
Gran fuktig mark/ <i>Spruce moist soil</i>	16	93	13	28	23	5	178
Tall frisk mark/ <i>Pine mesic soil</i>	69	334	46	123	129	23	724
Tall fuktig mark/ <i>Pine moist soil</i>	17	55	7	19	27	3	128

Vid jämförelse av andelen lyckade förnyringar på marker med de tre vanligaste vegetationstyperna i respektive region, framgick att tallförnyringarnas resultat tydligt varierade med olika vegetationstyper men att så inte var fallet för granförnyringarna (Figur 9).



Figur 9. Andelen förnyringar som lyckats nå upp till Holmens mål på marker med någon av de tre vanligaste vegetationstyperna i region Syd (till vänster) och region Nord (till höger).

Figure 9. Proportion of regenerations that managed to reach Holmen's objectives on land with any of the three most common vegetation types in region Syd (to the left) and region Nord (to the right).

Plantskogen

Björk var den mest frekvent förekommande konkurrenten till huvudstammarna (Tabell 10).

Tabell 10. Fördelningen av konkurrerande stammar mellan olika trädslag, uttryckt i procent av totalt antal konkurrerande stammar.

Table 10. The distribution of competing stems between different tree species, expressed as a percentage of the total number of competing stems.

	Björk/Birch	Övriga lövträd/Other deciduous	Tall/Pine	Gran/Spruce
Procent/Percent	86	7	5	2

De starkaste korrelationerna mellan konkurrensindexen och något av kalmarkstidens åtgärdsintervall, återfanns bland de variabler som uttryckts i antalet passerade vegetationsperiodsmånader. Ingen av korrelationskoefficienterna var dock särskilt stark och den enda kalmarksrelaterade variabeln med statistisk signifikans ($p \leq 0,05$) var planteringsmånaden, vilken korrelerade relativt starkt till KI100 (Tabell 11).

Tabell 11. Korrelationen mellan några kalmarksrelaterade variabler och de två konkurrensindexen (KI50, KI100). Den fetmarkerade korrelationskoefficienten visar den enda kalmarksrelaterade variabeln av signifikant betydelse för någon av konkurrensindexen. (För förklaring av förkortningar, se Tabell 1.)

Table 11. The correlation between some variables related to the fallow period and the two competition indexes (KI50, KI100). The correlation coefficient in bold, shows the only fallow-period related variable of significance to any of the two competition indexes. (For explanation of abbreviations, see Appendix (Bilaga) 2, Table 1.)

	Pl_mån	Mb_pl_vpm	Avv_mb_vpm	Avv_pl_vpm	KI100	KI50
KI50	0,219	-0,211	0,290	0,197	0,768	1
KI100	0,504	0,185	-0,046	0,043	1	
Avv_pl_vpm	0,349	0,177	0,886	1		
Avv_mb_vpm	0,048	-0,300	1			
Mb_pl_vpm	0,616	1				
Pl_mån	1					

Planterat trädslag, markens ståndortsindex, markfuktighetsklass och andelen naturligt förnygrade plantor bland huvudstammarna, var alla fyra av statistiskt signifikant betydelse för konkurrensen i både KI50 och KI100. Betydelsen av markens ståndortsindex och markfuktighetsklass samverkade och konkurrensen ökade snabbare med ett ökande ståndortsindex på fuktiga marker (Tabell 12).

Tabell 12. Modellskattningarna av förklaringsvariablernas koefficienter (medelfel inom parentes), förklaringsgraden (R2 och R2 justerad) och residualernas medelfel, redovisat för respektive konkurrensindexmodell (KI50, KI100). (För förklaring av förkortningar, se Tabell 6.)

Table 12. The model estimates of explanatory variable coefficients (standard error in brackets), coefficient of determination (R2 and R2 adjusted) and residual standard error, presented for each of the two competition index models (KI50, KI100). (For explanation of abbreviations, see Appendix (Bilaga) 2, Table 6.)

	KI50	KI100
Intercept	-8,287(1,825)***	-5,510(1,457)***
Pl_mån	-	0,254(0,068)***
SI_T_Tall	-1,693(0,257)***	-0,905(0,200)***
SI_M*MF_Frisk/Mesic	0,523(0,087)***	0,239(0,068)**
SI_M*MF_Fuktig/Moist	0,739(0,099)***	0,294(0,078)***
Andel_NF	3,073(1,394)*	2,585(1,090)*
R2	0,871	0,706
R2 justerad/	0,853	0,653
R2 adjusted		
Residualernas medelfel/	0,653	0,508
<i>Residual standard error</i>		

*** $p\text{-värde} < 0,001$; $p\text{-value} < 0,001$

** $p\text{-värde} < 0,01$; $p\text{-value} < 0,01$

* $p\text{-värde} < 0,05$; $p\text{-value} < 0,05$

De olika förklaringsvariablernas enskilda bidrag till den totala förklaringsgraden varierade mellan de två modellerna (Tabell 13). För KI50 dominerade samverkansfaktorn mellan markens ståndortsindex och markfuktighetsklass, vilken förklarade hela 58 % av variationen i konkurrensstrycket. För KI100 fick ingen variabel lika dominant inverkan.

Tabell 13. De statistiskt signifikanta variabelernas (planteringmånaden, ståndortsboniterat trädslag, ståndortsindex*markfuktighetsklass, andel huvudstammar som var naturligt förnygrade) enskilda bidrag till förklaringsgraden i respektive modell (KI50 och KI100), enligt Chevan och Sutherland (1991).

*Table 13. The statistically significant variables' (planting month, site index tree species, site index*soil moisture class and proportion of recorded main stems that was naturally regenerated) individual contribution to the coefficient of determination in each model (KI50 and KI100), in accordance to Chevan and Sutherland (1991).*

	KI50	KI100
Pl_mån	-	0,196
SI_T	0,267	0,247
SI_M*MF	0,580	0,227
Andel_NF	0,014	0,032

Varken någon statistisk signifikans eller några tydliga trender återfanns mellan de två konkurrensindexen och resterande variabler som undersökts.

DISKUSSION

Föryngringarna

Föryngringarna i norra och södra Sverige såg båda ut att ha påverkats av antalet vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering, samt planteringsmånaden. Hur mycket andelen lyckade föryngringar påverkats av dessa faktorer varierade mellan föryngringsnormerna, regionerna, samt de planterade trädslagen. Skillnaderna mellan andelen föryngringar som lyckades leva upp till respektive norm, kopplades till att Skogsvårdslagens krav är högre på tallföryngringar än granföryngringar och även ökar med ökande ståndortsindex (Skogsstyrelsen, 2017). Då ungefär samma antal plantor planterats/ha i alla avdelningar, innebar det att granföryngringar i region Nord hade lättast att nå Skogsvårdslagens krav, följt av granföryngringar i region Syd och slutligen tallföryngringar i region Nord (jämför Figur 5, 7 och 9). Vidare diskuteras därför skillnaderna i andelen föryngringar som lyckades leva upp till Holmens mål.

Ett ökande antal vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering minskade andelen lyckade föryngringar i båda regionerna (Figur 5). Det kopplades till att markberedningen reducerar konkurrensen från hyggesvegetationen i plantornas direkta närhet och att det är under vegetationsperioden som tillväxten av konkurrerande vegetation sker. Nilsson och Örlander har visat att på marker där gräs dominerar fältskiktet (och vars ståndortsindex motsvarar de som återfanns i denna studies region Syd), påverkar inväxten av gräs planterade granplantors etablering (1995) och initiala tillväxt (1999) negativt. Den mer drastiska minskningen i region Syd kopplades till de skilda ståndortsförhållandena regionerna emellan. I region Syd är temperaturen generellt högre och vegetationsperioden längre (SMHI, 2018), samtidigt som vegetationstyper förknippade med allvarligare konkurrens från hyggesvegetationen är vanligare (Systemportalen, 2018). Det har sannolikt gjort att inväxten av konkurrerande hyggesvegetation gått fortare och då resulterat i den mer drastiska sänkningen av andelen lyckade föryngringar i regionen. Den något ojämna trenden i region Nord (Figur 5) kan då ha berott på att konkurrenstrycket från hyggesvegetationen varierat mellan de vanligast förekommande vegetationstyperna i region Nord. I båda regionerna tenderade dock avdelningar där fler vegetationsperiodsmånader passerat mellan markberedning och plantering, att vara planterade senare på säsongen (Figur 6). Svårigheter kopplade till plantering i olika månader kan därför ha påverkat utseendet på trenderna i andelen lyckade föryngringar för olika antal vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering i båda regionerna. På samma sätt som trenderna för andelen lyckade föryngringar vid plantering i olika månader (Figur 7 och 8) kan ha påverkats av antalet vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering.

Andelen lyckade föryngringar varierade i båda regionerna för olika planteringsmånader (Figur 7). I region Syd var en senare planteringsmånad genomgående sämre än en tidig, medan det i region Nord varierade något mellan trädslagen och olika markfuktighetsklasser (Figur 7 och 8). Den sammantagna effekten i region Nord visade dock på en högre andel lyckade föryngringar för gran, jämfört med tall och med högst andel lyckade föryngringar i maj och juni (Figur 7). Variationen av andel lyckade föryngringar i olika planteringsmånader kopplades till en rad svårigheter planterade plantor möter efter plantering. Dels kopplat till de nyplanterade plantornas dåliga rot-jordkontakt, men även andra risker förknippade med plantering under olika delar av säsongen.

Planterade plantors initialt dåliga rot-jordkontakt gör dem känsliga mot torka, till följd av både otillräcklig tillgång på vatten i marken (marktorka) och hög transpiration (lufttorka) (Örlander, 1989). Trenden som återfanns i region Syd (Figur 7) stämde väl överens med Nilsson och Örlanders (1995) resultat, där de visat på en högre överlevnad vid plantering av gran i maj jämfört med juni. Det kopplades då till att granplantor som planteras i juni lättare drabbas av lufttorka, medan de plantor som planteras i maj klarar sig tack vare att de ges längre tid att etablera sitt rotsystem innan risken för lufttorka är som störst och därför främst torkar vid dålig vattentillgång i marken (Nilsson & Örlander, 1995). Örlander (1984) har visat att även tallen är känslig för vattenstress vid etablering och både andelen lyckade gran- och tallföryngringar i region Nord kan därmed ha påverkats av den under säsongen varierande torkrisken (Figur 7). Den stora geografiska spridningen på innehavet i region Nord innebär dock att väderleksförhållandena kan variera mycket. Generellt förknippas dock juli och ibland även augusti med varm och tidvis även torr väderlek (SMHI, 2018) och under de tre sista veckorna i juli har därför normalt ingen plantering skett på Holmen Skogs innehav (Norgren, 2018). De plantor som planterats i anslutning till uppehållet har dock sannolikt lidit större risk att drabbas av torka och utöver effekten väderleken kan få på nyplanterade plantors vattenbalans (Nilsson & Örlander, 1995; Örlander, 1989; Örlander, 1984), påverkas även risken att plantorna utsätts för torka redan innan plantering. Varm och torr väderlek ökar risken för uttorkning under tiden på plantskolan, transporten ut till och lagringen i skogen inför plantering. Helenius m.fl. (2010) har visat att uttorkning före plantering av aktivt växande gran försämrar motståndskraften mot torka efter plantering och både uttorkning före, samt torka efter plantering försämrar plantornas överlevnad och tillväxt. Mot bakgrund av torkrisken rekommenderas att fortsatt undvika plantering i och nära inpå torrperioder, samt att skötseln av plantor inför plantering prioriteras högt.

Den relativt maj och juni fortsatt låga andelen lyckade föryngringar även efter planteringsuppehållet i region Nord (Figur 7), kopplades till en ökad risk för vissa skador. Sent planterade plantor löper på berörda marker en större risk för uppfrysning (Hallsby, 2013) och kopplas även samman med risk för högre betestryck (Benjaminsson & Åslund, 2017; Skogforsk *et al.*, 2016). Att undvika sen plantering på marker med stor risk för uppfrysning eller bete, skulle potentiellt kunna bidra till att öka andelen lyckade föryngringar senare på säsongen.

Snytbaggeskador är ett känt problem vid plantering och olika tider på året förknippas med varierande angreppsstyrka av snytbagge (Sveriges lantbruksuniversitet, 2011). När under kalmarkstiden de största ”gnagtopparna” sker kan dock variera då längden på snytbaggens livscykel (Sveriges lantbruksuniversitet, 2011; Söderström, 1979) och dess fördelning mellan olika tillväxtstadier (Inward *et al.*, 2012; Moore *et al.*, 2004) varierar med förutsättningarna på ståndorten. Detta i kombination med att inga uppgifter om skadeangrepp registrerats vid föryngringsinventeringen, gör det svårt att dra några slutsatser kring hur snytbaggangrepp påverkat andelen lyckade föryngringar. Numera noteras skadade plantor och i möjlig mån även avgångsorsak vid Holmen Skogs föryngringsinventering (Norgren, 2018), vilket i framtida studier av föryngringsresultaten sannolikt kan underlätta utvärderingen av snytbaggarnas inverkan. Sedan tidigare planteras uteslutande snytbaggesskyddade plantor i Holmen Skogs region Syd och arbete pågår att öka mängden plantor som snytbaggesskyddas även i region Nord (Norgren 2018). I takt med att mängden plantor som snytbaggesskyddas ökar kommer problemen med stora avgångar till följd av snytbaggeskador sannolikt minska.

Andelen lyckade föryngringar kan även ha påverkats av de planterade plantornas kondition. Trots att det i huvudsak använts en planttyp (S50) i region Nord och två (S90 samt S120) i

region Syd (Norgren, 2018), kan flera skillnader ha förekommit såväl gällande proveniens och storlek, som vilken kondition plantorna levererats i. Skillnaderna som nämnts ovan har sannolikt varit mindre i region Syd, där planteringen sker inom ett mindre utbredningsområde, under en kortare tidsperiod och plantorna som planteras främst levereras frysta i kartong (Norgren, 2018). Större variation har troligen förekommit i region Nord, med ett större utbredningsområde, plantering som sker över hela säsongen, plantor som nästan uteslutande levereras i kassett och i vissa fall kommer direkt från kyllagring, andra gånger från friland (Norgren, 2018). Vissa plantor har varit aktivt växande med sträckta skott, andra inte och förhållandet mellan gröndels- och rotvolym kan ha varierat. Dessa skillnader i plantornas kondition påverkar tåligheten och plantor som sträckt sina skott kräver större försiktighet vid hanteringen och är känsligare mot vattenbrist (Hallsby, 2013). Plantor med dåligt utvecklade rötter kan ha lämnat kvar delar av rotklumpen vid plantering, vilket då resulterat i att plantorna fått med sig en mindre ”matsäck” vid planteringen. Plantering av både skottsträckta plantor och plantor med dåligt utvecklat rotsystem bör därför undvikas speciellt under de månader och i de avdelningar där någon form av torkstress kan tänkas föreligga. För att bättre förstå betydelsen av plantmaterialets egenskaper, skulle en direkt koppling mellan avdelningsregistret och det planterade materialets ursprung, kända svårigheter de mött på plantskolan och konditionen inför plantering, vara värdefull. Denna typ av information skulle då kunna kopplas samman med olika skötselåtgärder och ståndortsegenskaper vid utvärderingen av föryngringsinventeringen och möjligen bidra till förbättrade rutiner och ökad andel lyckade föryngringar.

Skillnaderna mellan trädslagen i region Nord kopplades till skilda egenskaper hos trädslagen, skadegörares artpreferenser och skillnader i förhållandena på ståndorten. Tallen är jämfört med granen känsligare mot överskuggande hyggesvegetation (Hallsby, 2013) och andelen lyckade föryngringar minskade för tallen på vegetationstyper kopplade till rikligare förekomst av konkurrerande hyggesvegetation (Figur 9). Betande djurs preferens för tallen som föda (Willertz *et al.* 2017) kan ytterligare ha bidragit till skillnaderna mellan trädslagen. Att förhållandena på ståndorten kan ha bidragit till skillnaderna i andelen lyckade tall- och granföryngringar vid plantering i olika månader framgick när andelen lyckade tall- och granföryngringar studerades separat för avdelningar med olika markfuktighetsklass (Figur 8). Skillnaderna i andelen lyckade föryngringar på frisk och fuktig mark, kan ha berott på olika risk för torka. På friska marker var risken för marktorka sannolikt större än på fuktig mark och en anpassning av planteringsmånaden beroende av markfuktigheten skulle potentiellt kunna öka andelen lyckade föryngringar. Jordtexturen är en annan ståndortsfaktor som kan tänkas påverka risken för torka då den styr hur hårt vattnet binds i marken, markens vatten- och värmeledande förmåga och hur lätt den torkar ut (Örlander, 1989). Till följd av detta kunde risken för torkstress tänkas variera för olika kombinationer av markfuktighetsklass och jordtextur. Läget i terrängen kan potentiellt även ha påverkat torkrisken i och med dess betydelse för mängden soltimmar, när under dagen de infaller och avdelningens vindexponering, men studier på området saknas. Kännedom om hur olika kombinationer av dessa påverkar tall- och granplantors överlevnad och tillväxt vid plantering i olika månader, skulle potentiellt kunna förbättra planteringsarbetets anpassning efter ståndortsförhållandena ytterligare och på så sätt öka andelen lyckade föryngringar.

Plantskogen

Kalmarkstidens betydelse varierade mellan studiens två konkurrensindex och för KI50 återfanns ingen statistisk signifikans. För KI100 visade analysen att planteringsmånaden var

av statistiskt signifikant betydelse och konkurrenstrycket ökade med en senare planteringsmånad. Planteringsmånadens betydelse för konkurrenstrycket i plantskogen, kopplades till dess betydelse för föryngringarnas etablering. Studiens tidigare analys av hur planteringsmånaden påverkade andelen lyckade föryngringar (Figur 7 och 8) påvisade ett sämre resultat vid sen plantering, vilket kan ha orsakats av faktorer som även påverkat de kvarvarande plantorna negativt. De plantor som av någon anledning stressats – om det så berott på torkstress, sämre motståndskraft mot skador och beskuggning eller uppfrysning – riskerar en sänkt tillväxthastighet (Hallsby, 2013). För plantor planterade sent under året har liten eller ingen tillväxt skett det året, samtidigt som plantornas konkurrenter haft ytterligare en vegetationsperiod på sig att etableras och växa. Det är dock möjligt att en viss del av den konkurrens som i modellen för KI100 förklarades av planteringsmånaden (Tabell 13), berott på att de plantor som planterats sent på säsongen även tenderade ha upplevt fler vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering (Figur 6 och Tabell 11). Samma tendens som påvisades vid analysen av andelen lyckade föryngringar (Figur 6) återfanns nämligen vid regressionsanalysen, genom en relativt hög korrelation mellan planteringsmånaden och antalet vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering (Tabell 11). Att antalet vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering skulle varit av betydelse kopplades till att ju längre tid som tillåts gå mellan åtgärderna, desto större försprång har getts till etableringen av naturlig föryngring i de planterade plantornas direkta närhet. Oavsett om den betydelse för konkurrenstrycket som i studien tillskrivits planteringsmånaden berott av enbart planteringsmånaden, eller även påverkats av antalet vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering, påvisade studien att besluten kring kalmarkstiden kan påverka konkurrenstrycket som uppstår i plantskogen. Detta ligger då i linje med Jäghagen och Albrektssons (1996), samt Nilsson och Albrektssons (1994) resultat, vilka båda konstaterade att händelser tidigt i avdelningens utveckling är av stor betydelse för plantors relativa storlek, vilken i sin tur är av betydelse för deras relativa konkurrenskraft.

Utöver planteringsmånadens betydelse för KI100, ser de båda konkurrensindexen ut att ha påverkats av samma faktorer, nämligen ståndortsboniterat (planterat) trädslag, markens ståndortsindex, markfuktighetsklass och andelen naturligt föryngrade plantor som återfanns bland huvudstammarna (Tabell 12). Trädslagets betydelse för den konkurrens som mätts in berodde förmodligen på valet av konkurrensindex. Granplantornas lägre initiala tillväxthastighet resulterade i en lägre inklusionsgräns för konkurrenterna och därmed högre uppmätt konkurrenstryck än för tallplantorna. Att konkurrensen ökade med ökande ståndortsindex kopplades till de gynnsammare förhållanden som råder på bördiga marker. Ett högre ståndortsindex förknippas även med större risk för riklig hyggesvegetation som negativt kan påverka plantornas etablering (Nilsson & Örlander, 1995) och initiala tillväxt (Nilsson & Örlander, 1999; Örlander *et al.*, 1996; Sands & Nambiar, 1984). Markfuktighetens betydelse tillskrevs dess positiva inverkan på frögroning och därmed etableringen av björk (Ackzell, 1994; Fries, 1984). Björkfrö kan på fuktig mark gro både i ostörd mark, samt högre i markberedningen (Fries, 1984), vilket kan ha bidragit till att öka björkplantornas konkurrenskraft i höjdled på fuktig relativt frisk mark. Att andelen naturligt föryngrade plantor påverkat konkurrensen tolkades som att måttet i viss mån beskrev tidigare svårigheter som påverkat avdelningen. Orsaken till att planterade plantor dött eller skadats så allvarligt att de bytts mot en naturligt föryngrad planta, kan sannolikt ha förärlats av sådant som påverkat tillväxten även hos överlevande plantor. Oavsett om andelen naturligt föryngrade plantor bland huvudstammarna berott på torkstress, uppfrysning, snytbaggeskada, betning, sorkgnag eller något annat, kan skadeeffekten på kvarvarande plantor ha påverkat avdelningens fortsatta utveckling.

Hur stor del av variationen i konkurrensindexen som förklarades av respektive modell varierade (Tabell 12). Att en mindre del av variationen i KI100 kunnat förklaras kopplades till att skador och även på vilken höjd i markberedningen huvudstammen planterats, respektive konkurrenterna grott, kan ha fått större betydelse för mängden konkurrenter som nått upp till inklusionsgränsen för KI100 jämfört med KI50. Att samverkansvariabeln mellan ståndortsindex och markfuktighetsklass förklarade en så stor del i konkurrensen för KI50 (Tabell 13), kan ha berott på att inklusionsgränsen där inkluderat många plantor som grott efter plantering och att mängden naturligt föryngrade plantor varierat mycket mellan avdelningar med olika ståndortsindex och markfuktighetsklass. Mot bakgrund av de betydande ståndortsfaktorerna kan viss anpassning av skötseln vara lämplig. På fuktiga och bördiga marker som generellt resulterar i ett större konkurrenstryck på de planterade plantorna kan en tidigare röjning tänkas bli aktuell och bättre uppföljning av röjningsbehovet är att föredra för att försäkra att de planterade plantorna inte undertrycks (Nilsson & Albrektson, 1994). Med bakgrund mot Jäghagen och Albrektssons (1996) resultat skulle plantering av större plantor potentiellt kunna minska risken att planterade plantor undertrycks, eftersom de då skulle vara större relativt de naturligt föryngrade. Något som i Jäghagen och Albrektssons (1996) studie visats vara positivt för att tillhöra de dominerande/meddominerande träden så långt som 32-37 år efter plantering. Detta bygger dock på att växtplatsens – vid planteringsstillfället – tillgängliga resurser, kan tillgodose de större plantornas resursbehov.

Avsaknaden av betydelse för andelen skadade plantor som förekom bland huvudstammarna kan ha berott på att detta mått inkluderar både mer och mindre allvarliga skador. Skadan kunde därmed ha haft allt från obetydlig, till stor betydelse för plantans höjdtillväxt. Att det inte återfanns någon skillnad mellan vegetationstyperna kopplades till flera möjliga orsaker. Betydelsen hyggesvegetationen kan ha vid och efter plantornas etablering (Nilsson & Örlander, 1999; Örlander *et al.*, 1996; Nilsson & Örlander, 1995) kanske inte kvarstod fem år efter plantering, vegetationen höll tillbaks plantans konkurrenter lika mycket som de planterade plantorna, alternativt att variationsvidden bland studiens avdelningar var för liten. Många av avdelningarna gränsade mellan gräs- och ristyp och skillnaderna mellan dessa torde därmed varit små. Förekomsten av gräs kan även ha sett annorlunda ut vid etableringen och direkt efter planteringen, jämfört med förekomsten vid studiens inventeringstillfälle. Därtill har Nilsson och Örlander (1999) i granföryngringar visat att konkurrens från gräs främst påverkar diametertillväxten hos de planterade plantorna. Då denna studies konkurrensindex mätts in enbart i relation till de planterade plantornas höjd, kan även det förklara att vegetationstypen inte påverkade konkurrenstrycket. Att mängden lövvirke som avverkats saknade betydelse för uppmätt konkurrenstryck kopplades till björkfröns relativt goda fröspredning (Ackzell, 1994; Fries, 1984). Den mängd grobart frö som möjligen funnits kvar i avdelningen efter avverkning var sannolikt då av marginell betydelse jämfört med effekten av björkförekomst i anslutning till avdelningen efter avverkningen, samt förekomst av lämnade naturvårdsträd av löv och gröningsförhållandena i avdelningen. Karlsson m.fl. (2002) fann att GROT-uttag ökar mängden frögrodda plantor. Någon sådan effekt återfanns inte i denna studie. Karlssons m.fl. (2002) undersökte dock GROT-uttagets effekter inom avdelningar och avsaknaden av signifikans i denna studie kan ha berott på att GROT-uttagets betydelse för mängden frögrodda plantor i olika avdelningar, varit liten jämfört med betydelsen av andra ståndortsfaktorer. Föregående bestånds täthet (total avverkad volym/ha) som skulle kunnat påverka mängden beståndsföryngrade plantor, var inte av någon betydelse för konkurrenssituationen. Det bekräftade den upplevda avsaknaden av beståndsföryngrade plantor i fält, något som kan ha varit ett resultat av att vissa avdelningar förrensats (Systemportalen, 2017). Vilken markberedningsmetod som använts fick inte heller någon

betydelse för uppmätt konkurrens, trots att mängden punkter lämpliga för frögroning generellt varierar mellan markbredningstyperna (Bergsten & Sahlén, 2013). Den uteblivna effekten kan ha berott på att valet av markberedningstyp anpassats efter ståndorten och effekten av bättre eller sämre förutsättningar för frögroning, redan förklarats av någon eller flera av de inkluderade variablerna.

Sammantagen betydelse

I studien återfanns inga positiva effekter kopplade till en längre kalmarkstid, vilket då tyder på att en ökad längd på kalmarkstiden sänker kalmarksvärdet (Straka & Hotvedt, 1985). Vilken betydelse besluten kring kalmarkstiden får varierar sannolikt med skogsägarens mål med sitt skogsbrukande och hur noggrant de har möjlighet att följa skogens utveckling. För skogsägare med mål om hög avkastning såg en kortare kalmarkstid med tidig plantering ut att vara positivt. Det lägre konkurrenstrycket som i studien noterades vid tidig plantering kan sannolikt minska risken att planterade plantor undertrycks och avlägsnas vid röjning, samtidigt som en kortare kalmarkstid innebär att produktionskapaciteten snabbare tillvaratas och allokeras till det tänkta framtida beståndet. För skogsägare som noggrant kan följa sin skogs utveckling bli risken att planterade plantor undertrycks sannolikt mindre då röjning kan sättas in i tid och ett högre konkurrenstryck skulle då kunna bidra till utveckling av bättre timmerkvalitet hos det förädlade plantmaterialet (Valkonen & Ruuska, 2003).

Styrkor och svårigheter

Nyttjandet av uppgifter från ett företags avdelningsregister innebär tillgång till stora mängder data utan tidskrävande inventering. Det möjliggör även att undersöka vilken betydelse olika faktorer får för det praktiska brukandet av skogen. Dock innebär det även en rad möjliga felkällor som kan vara svåra att fastställa och därmed fullt ut justera för. Datamaterialet har samlats in av olika personer, vid olika tidpunkter. Den stora spridningen på innehavet innebär en stor möjlig variation i väderleksförhållanden och förekomsten av olika skadegörare, samt en risk för lokala avsteg från de gemensamma riktlinjerna. Vidare finns risk för felaktiga uppgifter som följd av felbedömningar, felaktigt införda uppgifter eller bristande ajourhållning. Alla dessa faktorer kan ha påverkat resultaten. En bättre dokumentation av avvikelser från riktlinjer, samt noggrannare och bättre ajourhållning skulle öka värdet av avdelningsregistrets datamaterial.

Analysen av hur föryngringarna påverkats av besluten i samband med kalmarkstiden hade förbättrats genom tillgång till information om hur många plantor som verkligen hade planterats/ha. Då hade det vid föryngringsinventeringen registrerade antalet barrplantor kunnat jämföras med antalet som planterats, istället för en schablonuppskattning. Detta hade gett en rättvisare bedömning föryngringarna emellan. Fler föryngringar hade därtill kunnat inkluderas eftersom avvikelser från schablonvärdet för de bördigare respektive magrare avdelningarna hade varit kända. Kännedom om angreppsnivåer av olika skadegörare hade gjort det möjligt att särskilja effekten av ståndortsförhållandena från skadegörarnas.

De största styrkorna med studiens inventerade datamaterial är att alla bedömningar gjordes av samma person och under en sammanhållen tidsperiod, samt att inventeringen utfördes efter att plantorna avslutat sin höjdtillväxt för säsongen. Den största svårigheten är relaterad till konkurrensindexet.

Konkurrens är en svår variabel att beskriva och de flesta mått kommer med en del begränsningar (Burton, 1993). I studien beräknades konkurrensindexet för konkurrenternas avstånd till huvudstammen, samt toppens höjdavvikelse relativt huvudstammen. Det ger en bra bild på hur plantornas toppar förhåller sig till varandra, men kan ha speglat konkurrensen under mark något sämre, speciellt i sluttande terräng där grönings- och planteringspunkterna av förklarliga skäl varierat. Ett konkurrensindex där hänsyn tagits till både konkurrentens absoluta höjd, topparnas höjdavvikelse relativt huvudstammens och avståndet till huvudstammen kan i framtida studier tänkas ge en bättre beskrivning av konkurrensen ovan såväl som under marken. Ett annat vanligt problem vid inmätning av konkurrensindex är att det som beskrivs ofta är konkurrensens intensitet, vilken inte nödvändigtvis korrelerar med konkurrensens inverkan på huvudstammen (Welden & Slauson, 1986). Hur stor betydelse en viss konkurrensintensitet får påverkas då av om plantan stressas av andra faktorer avseende sådant som väderleken, näringstillgången eller olika skadegörare (Welden & Slauson, 1986). Studiens resultat beskrev alltså hur intensiv konkurrens plantorna utsatts för, men inte nödvändigtvis vilka plantor som begränsats mest av konkurrensen. Upprepade mätningar hade möjliggjort att följa utvecklingen och på så sätt se hur konkurrensen utvecklades i olika avdelningar och därmed utvärdera vilken betydelse varierande konkurrensintensitet får. Detta var dock inte möjligt inom arbetets tidsram. Arbetets tidsram begränsade även antalet avdelningar som kunde inventeras och ett större antal avdelningar hade ökat säkerheten i resultaten. Vidare kan planteringspunktens höjd i markberedningen ha påverkat både plantans tillväxt och konkurrensindexens inklusionsgräns och en klassificering av huvudstammens planteringspunkt kunde ha förbättrat analysen.

Utöver de variabler som undersökts i studien finns även en rad faktorer som kan ha påverkat både andelen lyckade föryngringar och konkurrenstrycket som utvecklats, men som inte kunnat kontrolleras inom ramen för detta arbete. Variationer av sådant som väderleken, förekomst av skadegörare och frökällor, plantmaterialets härkomst och egenskaper, samt planteringsarbetets utförande, är faktorer som i varierande utsträckning kan ha påverkat både andelen lyckade föryngringar och konkurrenstrycket i plantskogen.

Ytterligare studier

Torkstress ser i studien ut att ha kunnat påverka andelen lyckade föryngringar och risken för torkstress i olika avdelningar kan tänkas variera med dess kombination av läge i terrängen, markfuktighetsklass och jordtextur. Studier av hur tall- och granplantors överlevnad och tillväxt påverkas av plantering i olika månader i avdelningar med varierande kombinationer av läge i terrängen, markfuktighetsklass och jordtextur skulle i sådana fall kunna förbättra ståndortsanpassningen av planteringsarbetet. Inför studien bör plantmaterialets egenskaper och markberedningens utförande kontrolleras. I studien bör därefter noggranna mätningar avseende väderleksförhållanden och förhållandena i marken mätas. Nederbörds mängder, vind- och solexponering, luftfuktighet, luft- och marktemperatur, samt vattenpotentialen i marken bör registreras löpande, medan skadefrekvens, samt plantans storlek och status kan noteras med längre tidsintervall.

Vilken betydelse valen kring kalmarkstiden får för konkurrensen i plantskogen, skulle med fördel kunna undersökas i något äldre avdelningar och med ett större stickprov. Upprepade mätningar vore att föredra för att kunna följa konkurrensintensitetens utveckling och på så sätt identifiera betydelsen av varierande konkurrensintensitet på olika ståndorter. Uppföljningen

skulle då kunna ske genom att följa utvecklingen av huvudstammarnas diameter och/eller höjd/diameter-kvot. Konkurrensindexet skulle med fördel kunna inkludera både konkurrenternas absoluta höjd och dess höjd relativt huvudstammens, samt avståndet till huvudstammen. Någon form av klassning av huvudstammarnas växtpunkt bör även göras och en tregradig skala med hög, spår/grop och ej markberett kan tänkas vara tillräcklig.

Slutsatser och praktisk tillämpning

Inom ramen för Holmen Skogs rådande skötselrutiner resulterade få vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering, samt en tidig planteringsmånad, i en högre andel lyckade föryngringar. Denna trend var dock tydligare i region Syd än region Nord. Genom att anpassa valet av planteringsmånad efter förhållandena på ståndorten skulle andelen lyckade föryngringar potentiellt kunna ökas, men ytterligare studier på området behövs.

En tidig planteringsmånad resulterade även i ett lägre konkurrenstryck fem år efter plantering i distrikt Umeå. Avdelningar som upplevt fler vegetationsperiodsmånader mellan markberedning och plantering, tenderade dock vara planterade senare på säsongen och en viss samverkan mellan de två faktorerna kan tänkas förekomma. Utöver planteringsmånaden påverkades konkurrenstrycket i plantskogen av trädslagsvalet, markens ståndortsindex, markfuktighetsklassen och andelen naturligt föryngrade plantor bland huvudstammarna. I avdelningar där risk för högt konkurrenstryck föreligger är noggrannare uppföljning av röjningsbehovet att föredra och en tidigare röjning kan bli aktuell för att undvika att det planterade materialet undertrycks. Plantering av större plantmaterial skulle potentiellt också kunna minska konkurrenstrycket genom att de planterade plantorna vid planteringstillfället då är större, relativt den naturliga föryngringen. Ytterligare studier bör göras på området för att bekräfta eller vederlägga studiens resultat, gärna med upprepade mätningar som undersöker vilken betydelse olika konkurrenstryck får på olika ståndorter.

Eftersom inga positiva effekter kunde knytas till en längre total kalmarkstid, talar det för möjligheten att korta kalmarkstiden och på så sätt snabbare allokera växtplatsen produktionsförmåga till de planterade plantorna.

Resultaten i denna studie bör enbart appliceras på avdelningar vars ståndortsförhållanden och skötsel överensstämmer med de i studien. Slutsatser om andra förhållanden kräver ytterligare studier.

REFERENSER

- Ackzell, L. (1994). Natural regeneration on planted clear-cuts in boreal Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 9(3), ss. 245-250.
- Benjaminsson, E. & Åslund, V. (2017). Höstplantering av tall - Ett komplement till vårplantering? Kalmar/Växjö: Linnéuniversitetet.
- Bergsten, U. & Sahlén, K. (2013). *Skogsskötselserien 5, Sådd*. 2 uppl. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Björklund, N., Nordlander, G. & Bylund, H. (2003). Host-plant acceptance on mineral soil and humus by the pine weevil *Hylobius abietis* (L.). *Agricultural and Forest Entomology*, 5(1), ss. 61-66.
- Burton, P.J. (1993). Some limitations inherent to static indices of plant competition. *Canadian Journal of Forest Research*, 23(10), ss. 2141-2152.
- Chevan, A. & Sutherland, M. (1991). Hierarchical Partitioning. *The American Statistician*, 45(2), ss. 90-96.
- Ekelund, H. (2001). *Skogspolitisk historia*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Enander, K.-G. (2007). *Skogsbruk på samhällets villkor : skogsskötsel och skogspolitik under 150 år*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Fahlvik, N. (2005). *Aspects of precommercial thinning in heterogeneous forests in southern Sweden*. Diss. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Fries, C. (1984). Den frösådda björkens invandring på hygget [glasbjörk, vartbjörk]. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift*, 82(3-4), ss. 35-49.
- Hallsby, G. (2013). *Skogsskötselserien 3, Plantering av barrträd*. 2 uppl. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Helenius, P., Luoranen, J., Rikala, R. & Leinonen, K. (2002). Effect of Drought on Growth and Mortality of Actively Growing Norway Spruce Container Seedlings Planted in Summer. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17(3), ss. 218-224.
- Holmen Skog (2016). *Plantinventering och plantskogskontroll*. [Broschyr]. Örnsköldsvik: Holmen Skog.
- Hägglund, B. & Lundmark, J.-E. (1987). *Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem. D. 1, Definitioner och anvisningar*. 3 uppl. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Hägglund, B. & Lundmark, J.-E. (2003). *Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem. D. 2, Diagram och tabeller*. 4 uppl. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Hägglund, B. & Lundmark, J.-E. (2004). *Handledning i bonitering med Skogshögskolans boniteringssystem. D. 3, Markvegetationstyper, skogsmarksflora*. 4 uppl. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Inward, D.J.G., Wainhouse, D. & Peace, A. (2012). The effect of temperature on the development and life cycle regulation of the pine weevil *Hylobius*

- abietis and the potential impacts of climate change. *Agricultural and Forest Entomology*, 14(4), ss. 348-357.
- Jerabkova, L., Prescott, C.E., Titus, B.D., Hope, G.D. & Walters, M.B. (2011). A meta-analysis of the effects of clearcut and variable-retention harvesting on soil nitrogen fluxes in boreal and temperate forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 41(9), ss. 1852-1870.
- Jäghagen, K. & Albrektson, A. (1996). Induced competition among Scots pine seedlings and its effect on future timber quality. *New Forests*, 2, ss. 163-174.
- Karlsson, C., Sikström, U., Örlander, G., Hannerz, M., Hånell, B. & Fries, C. (2017). *Skogsskötselserien nr. 4, Naturlig förryngring av tall och gran*. 2 uppl. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Karlsson, M., Nilsson, U. & Örlander, G. (2002). Natural Regeneration in Clearcuts: Effects of Scarification, Slash Removal and Clear-cut Age. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 17(2), ss. 131-138.
- Lundmark, J.-E. (1988). *Skogsmarkens ekologi : ståndortsanpassat skogsbruk*. D. 2, *Tillämpning*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Luoranen, J., Viiri, H., Sianoja, M., Poteri, M. & Lappi, J. (2017). Predicting pine weevil risk: Effects of site, planting spot and seedling level factors on weevil feeding and mortality of Norway spruce seedlings. *Forest Ecology and Management*, 389, ss. 260-271.
- Maindonald, J. & Braun W., J. (2010). *Data analysis and graphics using R : an example-based approach*. 3 uppl. New York: Cambridge University press.
- Moore, R., Brixey, J.M. & Milner, A.D. (2004). Effect of time of year on the development of immature stages of the Large Pine Weevil (*Hylobius abietis* L.) in stumps of Sitka spruce (*Picea sitchensis* Carr.) and influence of felling date on their growth, density and distribution. *Journal of Applied Entomology*, 128(3), ss. 167-176.
- Nilsson, U. & Albrektson, A. (1994). Growth and self-thinning in two young Scots pine stands planted at different initial densities. *Forest Ecology and Management*, 68(2), ss. 209-215.
- Nilsson, U. & Örlander, G. (1995). Effects of regeneration methods on drought damage to newly planted Norway spruce seedlings. *Canadian Journal of Forest Research*, 25(5), ss. 790-802.
- Nilsson, U. & Örlander, G. (1999). Vegetation management on grass-dominated clearcuts planted with Norway spruce in southern Sweden. *Canadian Journal of Forest Research*, 29(7), ss. 1015-1026.
- Persson, A. (1976). *Förbandets inverkan på tallens sågtimmerkvalitet : The influence of spacing on the quality of sawn timber from Scots pine*. Diss. Stockholm: Skogshögskolan.
- Sands, R. & Nambiar, E.K.S. (1984). Water relations of *Pinus radiata* in competition with weeds. *Canadian Journal of Forest Research*, 14(2), ss. 233-237.

- Skogforsk, Skogsägarna, L. & Skogsstyrelsen (2016). *Lämplig årstid för plantering*. Tillgänglig: <https://www.skogskunskap.se/skota-barrskog/foryngra/plantering/lamplig-tidpunkt-for-plantering/> [2018-06-01].
- Skogsindustrierna (2017). *Skyddad skog - Karta*. Tillgänglig: <http://skyddadskog.se/map/bigmap.html?zoom=0&lat=6600000.00002&lon=700000.00113&layers=BFFFFFFFFTFFFFFFFFFFFFFFF> [2018-03-22].
- Skogsstyrelsen (2017). *Skogsvårdslagstiftningen*. Jönköping: Skogsvårdsstyrelsen.
- SMHI (2018). *Meteorologiska observationer*. Tillgänglig: (<http://opendata-download-metobs.smhi.se/explore/?parameter=0#>) [2018-03-22].
- Straka, T.J. & Hotvedt, J.E. (1985). Economic aspects of the forest regeneration delay decision. *Southern Journal of Applied Forestry*, 9(2), ss. 91-94.
- Sveriges lantbruksuniversitet (2011). *Snytbaggens biologi*. Tillgänglig: <http://snytbagge.slu.se/biologi.php> [2018-06-06].
- Söderlund, E. (1952). *Swedish timber exports 1850-1950 : a history of the Swedish timber trade*. Stockholm: Swedish Wood Exporters' Association.
- Söderström, V. (1979). *Ekonomisk skogsproduktion Del 2, Föryngring*. Stockholm: LTs förlag.
- Tirén, L. (1940). Till frågan om hyggesmognadens betydelse vid skogsodling = Contribution to the discussion on the importance of the ripening of the humus in clear-cut areas prior to reafforestation. *Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt*, 32(6), ss. 195-254.
- Valkonen, S. & Ruuska, J. (2003). Effect of *Betula pendula* Admixture on Tree Growth and Branch Diameter in young *Pinus sylvestris* Stands in Southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 18(5), ss. 416-426.
- Welden, C.W. & Slauson, W.L. (1986). The intensity of competition versus its importance: an overlooked distinction and some implications. *The Quarterly review of biology*, 61(1), s. 23.
- Witzell, J., Berglund, M., Bergquist, J., Bernhold, A., Björklund, N., Granström, A., Åberg, A. G., Hanson, L., Hansson, P., Hellqvist, C., Lindelöw, Å., Långström, B., Nordlander, G., Petersson, M.m Rönnerberg, J. & Wallertz, K. (2017). *Skogsskötselserien 12, Skador på skog. Del 1. 2 uppl.* Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Von Sydow, F. (1997). Abundance of pine weevils (*Hylobius abietis*) and damage to conifer seedlings in relation to silvicultural practices. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 12(2), ss. 157-167.
- Örlander, G. (1984). *Some aspects of water relations in planted seedlings of Pinus sylvestris L.* Diss. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Örlander, G. (1986). *Effect of planting and scarification on the water relations in planted seedlings of Scots pine*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.

- Örlander, G. (1989). Markberedning. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift*, 89(3), ss. 1-53.
- Örlander, G. (1991). *Markberedningsmetodens, planteringsdjupets och planteringspunktens betydelse för plantors etablering i ett område med låg humiditet i södra Sverige : Effects of scarification, planting depth and planting spot on seedling establishment in a low humidity area in southern Sweden*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet (Rapporter/ Institutionen för skogsskötsel, 33).
- Örlander, G. & Nilsson, U. (1999). Effect of Reforestation Methods on Pine Weevil (*Hylobius abietis*) Damage and Seedling Survival. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14(4), ss. 341-354.
- Örlander, G., Nilsson, U. & Hällgren, J.E. (1996). Competition for water and nutrients between ground vegetation and planted *Picea Abies*. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 26(1-2), ss. 99-117.

Icke publicerat material

- Norgren, O., Holmen Skog (2018). *Personlig kommunikation*. [2018-02-02]-[2018-03-26].
- Systemportalen (2017). *Avdelningsuppgifter*. Holmen Skogs avdelningsregister. [2018-03-26].

BILAGOR

Bilaga 1. Uppgifter från Holmen Skogs avdelningsregister

- Avdelningsid
- Svegid
- Region
- Distrikt
- Karta
- Avdelningsnummer
- Delavdelningsnummer
- SI_T(Ståndortsboniterat trädslag)⁷⁸
- SI_M(Ståndortsindex mark)⁷⁸
- Vegetationstyp⁷⁸
- Jordart⁸
- Markfuktighetsklass⁷⁸
- Grundförhållande
- Ytstruktur
- Lutning⁸
- Temperatursumma
- Höjd över havet
- Lutningsriktning(Exponering)
- Latitud
- Avverkningsår
- Avverkningsmånad
- Markberedningsmetod
- Markberedningsår
- Markberedningsmånad
- Planteringsår
- Planteringsmånad
- Hjälpplanteringsår
- Hjälpplanteringsmånad
- Plantinventeringsår
- Plantinventerad areal, ha
- Plantinventerar-ID
- Plantinventeringstyp
- Plantinventeringsmetod
- Totalt antal huvudstammar/ha
- Tallhuvudstammar/ha
- Contortahuvudstammar/ha
- Granhuvudstammar/ha
- Björkhuvudstammar/ha
- Övrigt löv huvudstammar/ha
- Biplantor/ha

⁷ Variabel som uppdaterades vid fältinventeringen

⁸ Enligt Hägglund och Lundmark (2004; 2003; 1987)

- Nollyteandel
- Avdelningsareal
- GROT-uttag
- Total avverkad volym m³f/ha
- Avverkad talltimmervolym m³f/ha
- Avverkad grantimmervolym m³f/ha
- Avverkad tallmassavolym m³f/ha
- Avverkad granmassavolym m³f/ha
- Avverkad lövmassavolym m³f/ha

Bilaga 2. Engelsk version av Tabell 1 och 6/English version of Table 1 and 6.

Tabell 1. Beskrivning av de 9 kalmarksvariabler som beräknats från Holmen Skogs avdelningsregister samt planteringstidpunkten.

Table 1. Description of the 9 fallow period variables calculated from the department register of Holmen Skog and time of planting.

Variable name	Description
Avv_pl_mån	Number of calendar months having passed between final felling and planting
Avv_mb_mån	Number of calendar months having passed between final felling and scarification
Mb_pl_mån	Number of calendar months having passed between scarification and planting
Vintrar_avv_pl	Number of winters having passed between final felling and planting
Vintrar_avv_mb	Number of winters having passed between final felling and scarification
Vintrar_mb_pl	Number of winters having passed between scarification and planting
Avv_pl_vpm	Number of calendar months having passed during the vegetation period* (vegetation months) between final felling and planting
Avv_mb_vpm	Number of calendar months having passed during the vegetation period* (vegetation months) between final felling and scarification
Mb_pl_vpm	Number of calendar months having passed during the vegetation period* (vegetation months) between scarification and planting
Pl_mån	The month during which planting was carried out

* The vegetation period was estimated from SMHI(2018) to be five months per year for region Nord and six months per year for region Syd.

Tabell 6. Beskrivning av ståndortsegenskaps- och skötselåtgärdsbeskrivande variabler som undersöktes som möjliga förklaringsvariabler vid den multipla regressionsmodelleringen.

Table 6. Description of variable names for the site properties and management measures investigated as possible explanatory variables during the multiple linear modeling.

Variable names	Description
SI_T	Planted tree species (also used to determine the site index)
SI_M	Site index of the department
MF	Soil moisture class
Vegtyp	Vegetational type
Andel_skadade	Proportion of recorded main stems that was damaged
Andel_NF	Proportion of recorded main stems that was naturally regenerated
Tot_vol_m3f_ha	Total volume felled m ³ f/ha
Lovmassa_m3f_ha	Deciduous volume felled m ³ f/ha
GROT	Tops and branches was extracted during final felling (yes/no)
MB_typ	Scarification method (disc trenching/mounding with pulled aggregate/mounding with excavator)

Bilaga 3. Tillvägagångssätt vid modellbyggnad

1. Kontroll av korrelation och sambandsplottar

Den förklaringsvariabel med högst korrelation (i kombination med linjärt/nära linjärt samband, direkt eller efter variabeltransformering) inkluderades i modellen. Den första förklaringsvariabelns valdes baserat på dess korrelation till konkurrensindexet.

Därefter undersöktes förklaringsvariablernas korrelation relativt aktuell modells regressionsresidualer. Vid den ytterligare inklusionen av variabler studerades även samband och korrelationskoefficienter mellan förklaringsvariablerna för att undvika starka samband och hög korrelation mellan förklaringsvariablerna i modellen. Vid tydliga samband/hög korrelation mellan två förklaringsvariabler som båda – med bakgrund mot skoglig kunskap och/eller tidigare studier kunde tänkas vara av betydelse – undersöktes även samverkansvariabler av dessa.

2. Test av variabelns signifikans med signifikanskravet 95 %.

Genom att utföra en regression med förklaringsvariabeln som valts i steg 1 undersöktes dess signifikans. Om den tillagda variabeln ej var signifikant exkluderades variabeln och åter till steg 1.

3. Kontroll av regressionsresidualer

Vid linjär regression skall residualerna vara normalfördelade och dess varians konstant. Viss avvikelse får förekomma men så normalfördelade residualer som möjligt bör eftersträvas. Om residualerna av någon anledning inte levde upp till kraven, exkluderades variabeln och åter till steg 1.

4. Kontroll av den justerade förklaringsgradens förändring och modellens medelfel

Målet med att inkludera fler variabler i modellen är att möjliggöra att förklara en större del av variationen i y och minska avvikelserna mellan det skattade värdet och det som uppmäts i fält, alltså eftersträvades en ökning av förklaringsgraden och en minskning av medelfelet. Eftersom förklaringsgraden tenderar öka med fler variabler användes den justerade förklaringsgraden (där förklaringsgraden justerats för antalet förklaringsvariabler i modellen). Om den justerade förklaringsgraden inte ökade nämnvärt eller minskade och/eller medelfelet ökade, bedömdes att den senast tillagda förklaringsvariabeln bidrog lite till modellen, vartefter den exkluderades från modellen och åter till steg 1. Om den justerade förklaringsgraden istället ökade behölls den undersökta variabeln i modellen och tillägg av ytterligare variabler undersöktes från steg 1.

SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2017:3 Författare: Stina Köppler
Skogen som integrationsarena – kopplingen mellan svensk skogsnäring och integration
- 2017:4 Författare: Kristina Nilsson
Överlevnad, tillväxt och snytbaggeskador i fält hos lågnattsbehandlade ettåriga tallplantor med dubbelbarr
- 2017:5 Författare: Maria Jakobsson
Naturlig föryngring efter brand – Fyra träarters etablering i relation till mikromiljö och spridningsavstånd på Salabrännan
- 2017:6 Författare: Erik Sköld
Lönsamhet vid fröträdsavverkningar på torvmark i östra Småland
- 2017:7 Författare: Anna Bergqvist
Skogsbrukets brandskötsel. En intervju-undersökning utförd i Västerbotten år 2006
- 2018:1 Författare: Gustav Nord
Tillväxteffekter för tall 33 år efter konventionell gallring och gödsling
- 2018:2 Författare: Felicia Dahlgren Lidman
The Nitrogen fixation by cyanobacteria associated to feathermosses
- A comparison between Scots pine and Norway spruce stands
- 2018:3 Författare: Hanna Glöd
Forest drainage effects on tree growth in Northern Sweden. – Developing guidelines for ditch network maintenance
- 2018:4 Författare: Anna Jonsson
How are riparian buffer zones around Swedish headwaters implemented? – A case study
- 2018:5 Författare: Martin Hederskog
Är uteblivna bränder i skogslandskapet en bidragande orsak till igenväxning av myrmarker?
- 2018:6 Författare: Gustav Stål
Carbon budgets in northern Swedish forests, 1800-2013
- 2018:7 Författare: Johan Gotthardsson
Faktorer som påverkar antalet ungskogsröjningar i tallbestånd
- 2018:8 Författare: Rasmus Behrenfeldt
Vindens inverkan på höjdtillväxten i ett tallbestånd (*Pinus sylvestris*) längs en sluttning
- 2018:9 Författare: Erik Sundström
Brandhårdhetens påverkan på knäckesjukans omfattning på brandfältet i Sala
- 2018:10 Författare: Jenny Dahl
How is soil carbon stock in old-growth boreal forests affected by management?
- 2018:11 Författare: Johannes Larson
Know the flow – spatial and temporal variation of DOC exports and the importance of monitoring site specific discharge

Hela förteckningen på utgivna nummer hittar du på www.seksko.slu.se